LIBRARY

AUG 21 1990

National Marine Fisheries Service
2570 Dole Street
Honolulu, Hawaii

ISSN 0582—415X

西水研研報
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst.
(68), 1990

BULLETIN
OF
SEIKAI NATIONAL FISHERIES RESEARCH INSTITUTE

(*Formerly* BULLETIN OF THE SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY)

No. 68
March 1990

西海区水産研究所研究報告

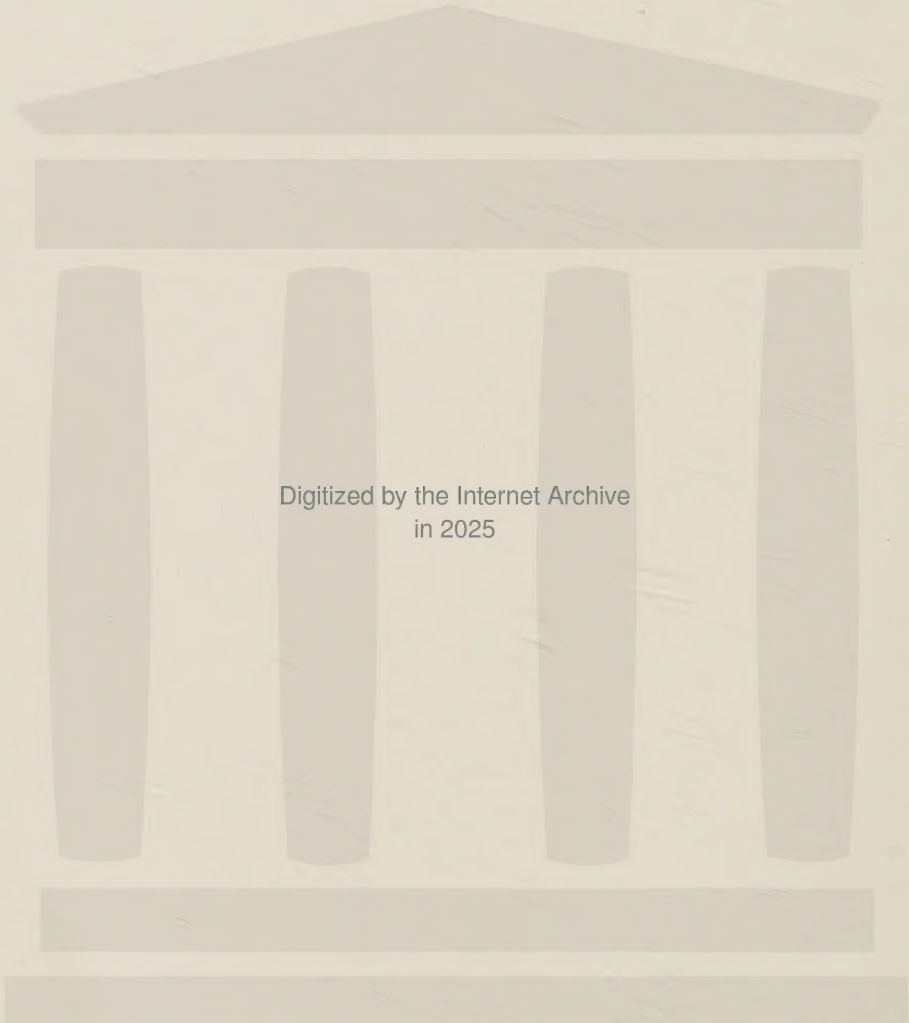
第 68 号

海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究……入江隆彦　1

プランクトンネット採集物に占める動物プランクトン生物量の評価（英文）
……森岡泰啓・中嶋純子・木元克則　143

西海区水産研究所
長崎市国分町 49

平成 2 年 3 月



Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-seikai-national-fisheries-research-institute_1990-03_68

Ecological Studies on the Migration of Juvenile Chum Salmon, *Oncorhynchus keta*, during Early Ocean Life (in Japanese)

Takahiko IRIE

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (68), 1-142 (1990)

The geographical and seasonal distributions of juvenile chum salmon, *Oncorhynchus keta*, were exposed with oceanographic and food conditions in both nearshore and offshore waters around Hokkaido. Physiological, ecological and morphological changes in the developmental process of juvenile chum salmon were also described. Their distribution and migration mechanisms toward offshore waters were examined with reference to oceanographic and food conditions, together with developmental stages. The optimal timing of juvenile salmon release was suggested, considering environmental conditions and developmental stages in juvenile salmon. Finally, characteristics in the distribution and migration of juvenile salmon originating in Japan were described.

Key words: ecology, distribution, migration, oceanographic condition, food condition, juvenile chum salmon, *Oncorhynchus keta*, developmental stage

Zooplankton Biomass Share of the Collection with Plankton Net in the Waters to the West of Kyushu, March 1987

Yasuhiro MORIOKA, Junko NAKASHIMA and Katsunori KIMOTO

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (68), 143-152 (1990)

To evaluate the amount of very zooplankton in a plankton net haul, repeated vertical hauls with the triplet plankton nets (45 cm in mouth diameter, filtering cloths of 335, 200 and 100 μm mesh aperture each) were made at 2 sites in the northeastern waters of the East China Sea, in March 1987. The samples were divided by a splitting box, and the aliquots were processed on board the ship for sorting zooplankton and measuring chlorophyll *a* and dry weight. Zooplankters were separated from phytoplankton and carcass of phyto- and zooplankton by hand under dissecting microscope.

Phytoplankton biomass converted from chlorophyll *a* and the amount of carcass increased when mesh size decreased. The component ratios of zooplankton biomass decreased with decreasing mesh size amounting 78% (335 μm mesh) and 57% (100 μm mesh) at one station, but 60% (335 μm mesh) and no more than 35% (100 μm mesh) at the other station.

Key words: ratio, yield, zooplankton, phytoplankton, carcasses, gear selectivity

西水研研報　第68号，平成2年3月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 68, March 1990

海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究

入　江　隆　彦*

Ecological Studies on the Migration of Juvenile Chum Salmon, *Oncorhynchus keta*, during Early Ocean Life

Takahiko IRIE*

ABSTRACT

The geographical and seasonal distributions of juvenile chum salmon, *Oncorhynchus keta*, were surveyed with oceanographic and food conditions in both nearshore and offshore waters around Hokkaido in 1977–1985. Physiological, ecological and morphological changes in the developmental process of juvenile chum salmon were also investigated.

In this paper, the distribution and migration mechanisms are discussed in relation to oceanographic and food conditions, together with developmental stages of juvenile chum salmon. The patterns and routes of offshore migration and the optimal timing of juvenile chum salmon release are also discussed. Finally, characteristics in the distribution and migration of juvenile chum salmon originating in Japan are described.

Juvenile chum salmon of 3–14 cm in fork length (FL) were distributed in and along the coastal waters in northern Japan. The juveniles of 3–8 cm FL were considered to be in the coastal residence, and those of 8–12 cm FL, in the process of offshore migration. The juveniles stayed in small harbours till they grew to more than 4.5 cm FL. The increase in required food intake accompanied with growth and food shortage among the larger sizes in the harbours appear to be the major causes of migration of juvenile salmon from the harbours.

Offshore migrating juvenile chum salmon were mainly distributed in areas with surface temperature from 9 to 13℃ and salinity from 31.0 to 33.9‰, and these water temperatures were proved to be closely connected with the physiological optimum temperature for juvenile chum salmon. The decrease in food organisms seems to be the main cause of migration for most of the juvenile salmon to other

平成2年2月15日受理 (Received February 15, 1990)
西海区水産研究所業績第463号 (Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 463)
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49 (Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan)

areas, and the rise in surface temperature over 15℃ to be the cause of migration for the delayed ones.

The migration routes of juvenile salmon were proved to be formed along the coast, where the coastal water mass of low salinity was dominant and food organisms were abundant.

Ecological findings on migration mechanisms of juvenile chum salmon were obtained and they are summarized in six points. To name some of the points: migrating juvenile chum salmon prefer sea water of 9-13℃; they migrate along the coast; they follow areas with good food conditions.

The most suitable time for the release of juvenile chum salmon is when the coastal water mass is spreading along the coast. Optimal size of chum salmon at release is over 5 cm in fork length.

目　　次

序 章 緒 言 …… 4
1. はじめに …… 4
2. 稚魚の分布および生態に関する既往研究の概要 …… 5
3. 研究の目的 …… 6
4. 調査海域の概要 …… 6
第1章 道東沿岸の小港におけるサケ稚魚の滞留と海況および餌料条件 …… 7
調査海域の概要 …… 7
材料および方法 …… 8
結 果 …… 10
1. 港内における稚魚の分布 …… 11
2. 稚魚の分布量の時期的変化 …… 11
3. 稚魚の成長 …… 12
4. 海況条件の時期的変化 …… 14
5. 動物プランクトンの分布密度および組成の時期的変化 …… 16
6. 摂餌の日周期的変化 …… 17
7. 摂餌量の時期的変化 …… 18
8. 胃内容物組成の時期的変化 …… 20
9. 稚魚の胃内容物の港内と港外における差異 …… 23
10. 胃内容物組成とネット採集動物プランクトン組成の類似性 …… 23
11. 餌生物の種類に対する摂餌選択性 …… 24
12. 餌生物の大きさに対する摂餌選択性 …… 25
考 察 …… 26
第2章 釧路沿岸におけるサケ稚魚の出現と海況および餌料条件 …… 27
材料および方法 …… 27
結 果 …… 28
1. 稚魚の分布密度の時期的変化 …… 28

2. 稚魚の大きさの時期的変化 ……31
3. 表面水温および表面塩分の時期的変化 ……31
4. 動物プランクトン現存量の時期的変化 ……31
5. 動物プランクトン組成の時期的変化 ……33
6. 胃内容物組成の時期的変化 ……34
7. 摂餌の日周期的変化 ……35
8. 胃内容物組成とネット採集動物プランクトン組成の類似性 ……35
9. 餌生物の種類に対する摂餌選択性 ……36
10. 餌生物の大きさに対する摂餌選択性 ……37
考 察 ……38
第3章 オホーツク海沿岸海域におけるサケ稚魚の分布と海況および餌料条件 ……40
材料および方法 ……40
結 果 ……42
1. 稚魚の分布時期と大きさ ……42
2. 稚魚の地理的分布の時期的変化 ……42
3. 稚魚の分布と海況条件 ……45
4. 稚魚の分布と水塊 ……46
5. 稚魚の食性 ……48
6. 動物プランクトンの分布 ……49
考 察 ……53
第4章 太平洋沿岸海域におけるサケ稚魚の分布と海況および餌料条件 ……57
材料および方法 ……57
結 果 ……60
1. 稚魚の地理的分布の時期的変化 ……60
2. 稚魚の大きさと分布密度の地理的および時期的変化 ……61
3. 距岸距離と稚魚の分布 ……63
4. 稚魚の分布と海況条件 ……64
5. 稚魚の分布と水塊 ……65
6. 動物プランクトンの分布 ……69
7. 稚魚の食性 ……72
考 察 ……72
第5章 日本海沿岸海域におけるサケ稚魚の分布と海況および餌料条件 ……74
材料および方法 ……74
結 果 ……75
1. 稚魚の地理的分布と尾叉長組成 ……75
2. 表面の水温，塩分分布および水塊配置 ……77
3. 稚魚の出現水温，塩分および水塊 ……78
4. 稚魚の食性 ……79
5. 動物プランクトンの分布 ……79
考 察 ……82
第6章 サケ稚魚の発育に伴う生理，生態および形態の変化 ……83
材料および方法 ……83

結 果 ……85
1. 発育に伴う形態の変化 ……85
1) 鱗の形成 ……85
2) 鰓耙数 ……85
3) 肥満度 ……85
4) 相対成長 ……85
2. 発育に伴う生態の変化 ……87
1) 分布 ……87
2) 遊泳行動 ……89
3) 光に対する反応 ……89
4) 食性および餌の大きさ ……89
考 察 ……91
第7章 総合討論 ……95
1. 分布様式 ……95
1) 遊泳層 ……95
2) 距岸距離と稚魚の分布および大きさ ……96
3) 東西，南北による稚魚の尾叉長の差異 ……96
4) 離岸期稚魚の群の性状 ……96
5) 稚魚の分布と海況条件 ……97
6) 稚魚の分布と水塊 ……98
7) 稚魚の分布と餌料条件 ……98
2. 移動・回遊様式 ……99
1) 離岸期の稚魚群とその起源 ……99
2) 回遊経路 …… 101
3. 離岸機構 …… 102
1) ごく沿岸からの移動 …… 103
2) 沿岸から沖合への移動 …… 105
3) 移動・回遊の機構に関する仮説 …… 106
4. 放流適期 …… 107
5. 日本産サケ稚魚の分布・回遊の特徴 …… 108
要 約 …… 108
英文要約 …… 113
謝 辞 …… 118
文 献 …… 118
付 表 …… 127

序 章 緒 言

1. はじめに

サケ・マス類は沿岸漁業，沖合漁業を問わず重要な漁業資源であり，とくに200カイリ時代になって溯河性魚類の母川国帰属が国際的に定着し，沖合漁獲の規制が年々厳しくなってきた現在，日本の河川に起源するサケ・マス資源の重要性は一段と増してきている．

日本産サケ属の中で資源的に最も重要な種はサケ（シロザケ）*Oncorhynchus keta* であり，サケ属の全漁獲量の90%以上を占めている．サケの地理的分布はサケ属の中で最も広く，北太平洋を挟んでアジア側とアメリカ側に及び，日本は極東における分布の南限に当たっている[1]．

日本のサケはその再生産がほとんどすべて人工ふ化放流によって行われている点が特徴的である．日本のサケは長年にわたるふ化放流事業の成果によって，回帰量が年々増加してきている．この回帰量の増加は，ふ化放流技術の改善——主として給餌放流と適期放流——による回帰率の向上[2]と，放流尾数の増加によるものと考えられる．

放流されたサケ稚魚は河川から海に出て，沿岸域で数カ月間生活した後沖合に回遊して行く．沿岸域での生活期は河川生活期以上に減耗が大きく，そこでの生き残りの多寡が回帰量を左右するものと考えられている[3,4]．しかし，放流後のサケ稚魚が沿岸域においてどのような生活をし，どのような経路を辿って沖合に回遊して行くのか，また，それらの過程でどのような減耗が起こっているのか，等の海洋生活初期の稚魚の分布，回遊および減耗の実態については依然として不明な点が多い．

サケ稚魚の放流尾数は，今後，ふ化施設やふ化用水の不足，あるいは河川環境の悪化等の種々の制約によって飛躍的な増加が困難と考えられる．もし，大量の稚魚の生産が可能だとしても，次には稚魚が生活する沿岸域の収容力が問題になるであろう．何故なら，沿岸域の生産力にはおそらく限界があり，サケ稚魚は他の魚と競合しながら自然の生産力の一部を利用できるに過ぎないからである．

一方，国際的には，北太平洋の沖合域におけるサケ・マスの海洋収容力が問題となり，いくつかの試算がなされている[5,6]．それらの結果は，現在程度の資源量水準ではほとんど問題にならないという結論である．

以上の諸点を考慮すると，今後，日本のサケ資源の倍増を図るためには，単に放流尾数を増やすばかりではなく，現在のふ化放流技術を基盤にして，十分な生態学的研究の裏付けのもとに沿岸域での稚魚の減耗を抑制し，より効率的な放流技術を確立する方向を指向する必要があろう．そのために，とくに知見の少ない海洋生活初期のサケ稚魚の生態の究明が不可欠と考えられる．

2. 稚魚の分布および生態に関する既往研究の概要

これまで，サケ稚魚の河川生活期の生態に関する研究は比較的豊富である[7–12]．また，海洋生活2年目以降の沖合生活期における分布や生態に関しては，国際資源の立場から多くの研究の蓄積がある[13–20]．しかし，海洋生活1年目までの稚魚の分布や生態に関しては，その重要性が指摘されているにもかかわらず，採集の困難さゆえにまとまった研究は少ない．

わが国ではこれまで，佐野・小林[21,22]や三原[23]によるサケ稚魚の沿岸での出現時期や成長に関する初期の報告とともに，Okada and Taniguchi[24]による沿岸滞泳期の稚魚の餌料および餌の大きさに関する報告，小林・阿部[25]による河川から沿岸への稚魚の分布や移動に関する報告，および関[26,27]による沿岸滞泳期の稚魚の成長と餌料に関する報告がある．また最近では，帰山・文谷[28]による河川から海に入る時期の稚魚の生態的，形態的変化に関する報告，真山ら[29,30]による石狩川産の稚魚の降海時期や沿岸での分布や移動に関する報告，および Terazaki and Iwata[31]による河口から内湾に分布する時期の稚魚の餌料と餌の選択性に関する報告等がみられる．しかし，これらはいずれもごく沿岸域での知見に留まっており，沿岸から沖合に回遊して行く時期の稚魚の分布や生態に関しては知見が少ない．また，沿岸から沖合への稚魚の移動・回遊の経路やその機構についてはほとんど研究がなされていない．

一方，ソ連では Dvinin[32], Bakshtanskii and Nilova[33], Ivankov and Shershnev[34], Shershnev[4,35], Chupakhin and Kaev[36]等の報告があるが，いずれもごく沿岸域での稚魚の分布や生態に関する知見に限られており，わずかに Birman[37]が沖合域での稚魚の分布と成長について研究を行っているだけである．

他方，アメリカおよびカナダにおいては，Foskett[38]の先駆的な報告とともに，Manzer[39,40], Kaczynski *et al.*[41], Mason[42], Feller and Kaczynski[43]および Healey[44,45]等多くの報告があるが，河口や海

峡および内湾での稚魚の分布や摂餌生態の研究が主であり，外海に回遊する時期の稚魚の分布や生態に関する研究は少ない．

3. 研究の目的

サケ稚魚は何故一時期沿岸に分布し，その後沿岸から姿を消すのか，沿岸に分布するサケ稚魚にとって好適な環境条件とは何か，また，この時期のサケ稚魚の発育過程でどのような体内的変化が起きているのか，そして，サケ稚魚を放流するにあたって，いつ頃，どれくらいの大きさのものを放流すればよいのか，といった問題の解明は，さらに効率的な放流技術を確立する上で欠くことができないものと考える．

本研究は，以上のような観点で，沿岸滞泳期から離岸期におけるサケ稚魚の分布と生態を明らかにし，日本産サケの生活史上の空白を埋める目的で行った．さらに，稚魚の沿岸から沖合への移動・回遊の機構を，稚魚自身の内的要因（生理的条件，発育段階等）と環境要因（海況，餌料条件等）とを対応させて総合的に究明し，稚魚の放流適期の解明や，ひいては稚魚の減耗抑制手法の開発に資するために行ったものである．

本研究では，サケ稚魚の海洋における初期の生活の場の一つである沿岸の小港を始めとして，成長して沿岸から沖合へ向かう稚魚の動きを追跡できるように，北海道の周辺に調査海域を設定し，各海域において稚魚の分布および食性調査を行うとともに，海況および餌料条件に関する調査を行った．そして，得られた調査結果に基づき，それぞれの海域における稚魚の分布と海況および餌料条件との関連について考察する．また，調査によって得られた知見をもとに，サケ稚魚の発育に伴う分布や行動等の生態的変化を明らかにするとともに，外部形態の観察に基づき，稚魚の発育に伴う形態的変化を明らかにする．さらに，稚魚の発育に伴う生理的変化についても検討し，これらを総合して稚魚の発育期区分を行う．最終的に，上記の解析結果を総合して，日本産サケ稚魚の分布様式および回遊経路を明らかにするとともに，生態学的な観点から稚魚の沿岸から沖合への移動・回遊の機構について考察し，さらに，稚魚の放流適期についても考察する．

4. 調査海域の概要

調査海域の範囲を Fig. 1 に示した．オホーツク海

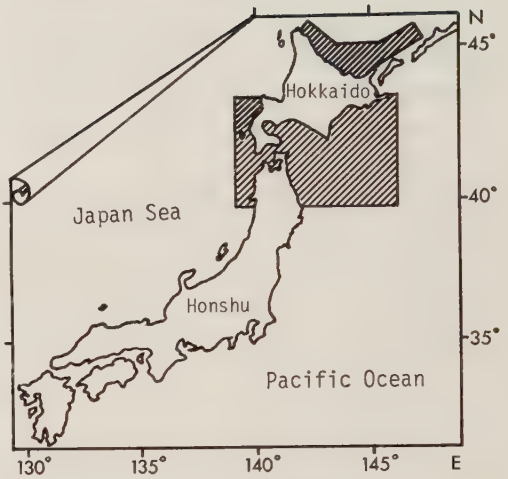


Fig. 1. 本研究におけるサケ稚魚の調査海域
Areas surveyed for juvenile chum salmon in this study.

では，佐呂間湖沖から知床半島沖にかけての網走湾海域を中心に調査を行った．太平洋では，津軽海峡東口から東北の八戸沖および北海道の根室半島沖にかけての海域で調査を行った．また，日本海では，東北の男鹿半島沖から津軽海峡および北海道の積丹半島沖にかけての海域で調査を行った．なお，太平洋海域では，上述の外洋での調査以外に，釧路沿岸と釧路近郊の昆布森港および桂恋港でサケ稚魚の分布調査を行った．

各調査海域はいずれもサケ稚魚のふ化放流が盛んな海域である．1981 年の海区別の稚魚の放流尾数[46,47]は，北海道のオホーツク海区が 2 億 9 千万尾，北海道太平洋側のえりも岬以西海区が 1 億 8 千万尾，えりも岬以東海区が 2 億 7 千万尾，北海道の日本海区が 1 億 4 千万尾，本州の日本海区が 2 億 6 千万尾，本州の太平洋海区が 4 億尾となっており，近年，本州からの稚魚の放流尾数が急激に増加している．

海洋環境では，日本海側は対馬暖流，津軽海峡は対馬暖流の一分枝である津軽暖流，また，網走湾海域は同じく対馬暖流の一分枝である宗谷暖流の影響を受ける（Fig. 2）．一方，太平洋海域は親潮の影響が強いが，津軽海峡東口から八戸沖にかけての沿岸域は津軽暖流の影響を受ける．このように各海域の海況条件にはそれぞれ特徴があり，海域間の比較を行うのに都合が良い．

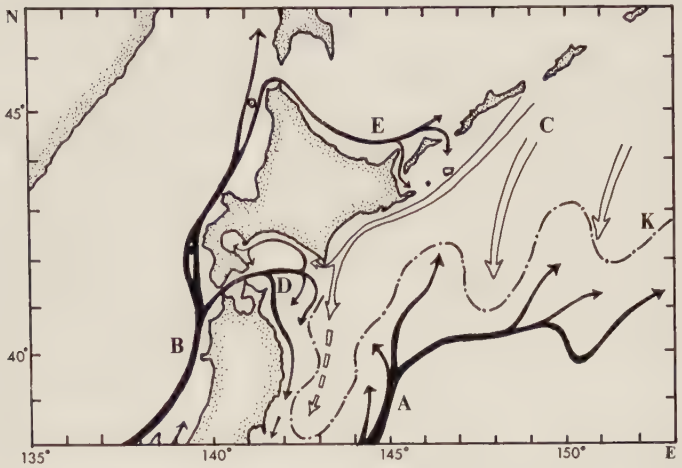


Fig. 2. 北海道周海辺域における表層の海流の模式図（UDA[48]による）．A：黒潮分派，B：対馬暖流，C：親潮，D：津軽暖流，E：宗谷暖流，K：冷水と暖水の境界
The upper structure of currents and waters around Hokkaido (after UDA[48]). A: The Kuroshio Branch, B: Tsushima Warm Current, C: Oyashio, D: Tsugaru Warm Current, E: Soya Warm Current, K: boundary zone of cold and warm waters.

第1章　道東沿岸の小港におけるサケ稚魚の滞留と海況および餌料条件

サケ稚魚が河口域や港湾，あるいは沿岸の浅所に一時期分布することは以前からよく知られている[21-23,32-35,38,39]．また，それらの場所で稚魚はハルパクチクス類を中心にカラヌス類やヨコエビ類等を主に食べていることが知られており[31,35,36,41-44]，ハルパクチクス類を中心とした餌の量が稚魚の生産を左右することが指摘されている[44]．しかし，それらの場所からの離脱や移動の要因については，これまで水温条件あるいは餌料条件が関連していることが推測されているだけで，両者との相互の関連を具体的に明らかにした研究は少ない．著者は先に，降海したサケ稚魚の初期の生活の場として重要な役割を果たしていると考えられる沿岸の小港を取り上げ，そこでの稚魚の生態について，得られた知見の一部を報告したが[49,50]，ここでは，小港内における稚魚の滞留および移動と海況や餌料条件との関連について総合的に検討する．

調査海域の概要

調査は道東沿岸の昆布森港および桂恋港で行った．両港の位置を Fig. 3 に示した．昆布森港は釧路の東方約 13 km に位置し，周囲約 820 m，面積約 3 万 m² の漁港である．水深は最深部で約 6 m，最浅部で約 2 m で，底質は大部分が砂泥である．一方，桂恋港は釧路の東方約 8 km に位置し，周囲約 600 m，面積約 2 万 m² の漁港で，昆布森港より小さい．水深は約 2～3 m で，底質は砂泥である．

1984 年の春に，釧路管内では 10 河川（Fig. 3 参照）に計 9 千 3 百万尾のサケ稚魚の放流が行われた[49]が，その半数以上に当たる約 5 千百万尾の稚魚が釧路川に放流された．釧路川の上流には美留和と鶴居の 2 カ所にふ化場があり，美留和からは 3 月中旬～5 月中旬に約 3 千 3 百万尾，鶴居からは同期間に約 1 千 8 百万尾のサケ稚魚が，また，4 月15日～30日には 4 百45万尾のカラフトマス（*Oncorhynchus gorbuscha*）稚魚が釧

路川に放流された．昆布森では港のすぐ東側を流れるチョロベツ川に，5月4日に90万尾，5月9，10日の両日に60万尾ずつ，さらに，6月上旬に50万尾，合計2百60万尾のサケ稚魚が放流された．昆布森港と桂恋港の間および桂恋港と釧路川の間にはサケ稚魚を放流している河川はない．

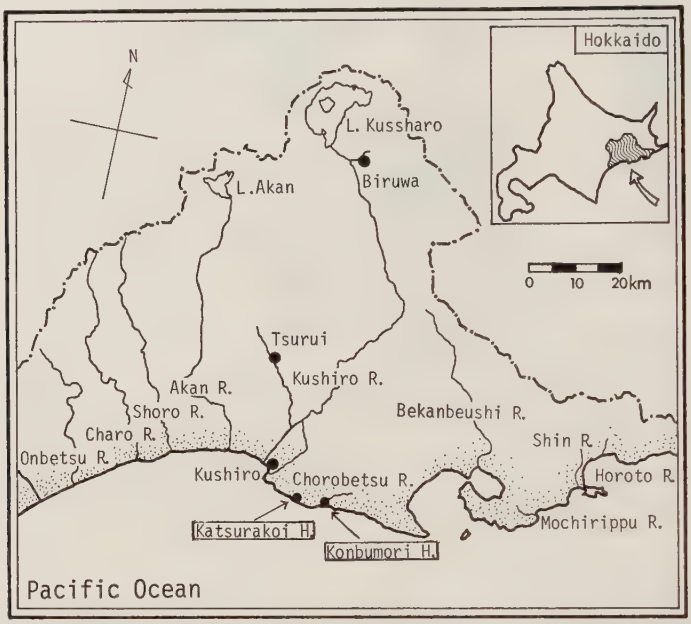


Fig. 3. 昆布森港および桂恋港の位置と釧路地方における1984年のサケ稚魚の放流河川
The location of Konbumori and Katsurakoi harbours and rivers where juvenile salmon were released in 1984.

材料および方法

1984年4月26日から8月10日の期間に，昆布森港内および桂恋港内において，昼間に週1回を基準に，両港合わせて延べ24日間にわたりサケ稚魚の分布調査を実施するとともに，海洋観測および動物プランクトンの採集を行った．さらに，昆布森港では6月11，12日の両日に，3時間間隔で24時間にわたる調査を行った．

稚魚の分布調査では，港の岸壁を歩いて一巡しながら分布範囲を記録した．また，岸壁から見える範囲内の稚魚を，群ごとに目視によって数えて積算し，総目視数を分布量の指標とした．稚魚の採集には網丈350cm，目合10㎜または13㎜の投網を用い，1標本20尾を目途に採集を行った．採集した稚魚は胃内容物の吐瀉を防ぐため，一旦空気中で窒息死させた後，10％海水ホルマリン液で固定し，研究室に持ち帰ってから尾叉長および体重の計測を行った．調査日ごとのサケ・マス稚魚の採集尾数および尾叉長範囲を Table 1 に，また，サケ稚魚の尾叉長組成を港内と港外を区別して Table 2 に示した．なお，サケとカラフトマスの識別は，小型個体ではパルマークの有無によって行い，パルマークが不明瞭となる大きさのものでは，PHILLIPS[51] に従い，尾鰭後端叉状部の黒色素の現れ方によって区別した．以上の調査によって採集したサケ稚魚の総数は昆布森港で1,373尾，また，桂恋港で427尾であった．

海洋観測および動物プランクトンの採集は地点を定めて行い，海洋観測では表面水温，表面塩分および透明度の測定を行った．表面水温は表面採水器で採水した海水を現場で棒状温度計を用いて測温し，塩分は試水を採水びんに入れて研究室に持ち帰り，Auto-Lab

Table 1. 1984年に昆布森，桂恋両港で採集されたサケとカラフトマス稚魚の個体数および尾叉長範囲
Number and size of juvenile chum and pink salmon collected in Konbumori and Katsurakoi harbours in 1984.

Date	Konbumori Harbour					Katsurakoi Harbour				
		O. keta		*O. gorbuscha*			*O. keta*		*O. gorbuscha*	
	Time	No. of fish	FL range (mm)	No. of fish	FL range (mm)	Time	No. of fish	FL range (mm)	No. of fish	FL range (mm)
April 26	9:42	72	35 43	1	37	11:50	19	35-42	72	31-41
May 5	13:00	20	33-45	0		14:40	7	35-41	11	35-44
11	10:35	40	35-45	0		12:05	35	37-54	64	35-45
18	10:13	28	37 50	0		13:41	24	36-48	15	37-43
25	9:50	40	39 52	0		13:00	21	40-51	15	38-47
June 1	9:20	4	41-49	0		13:30	1	42	0	
2						12:50	38	37-58	8	40-51
4	13:40	58	35 51	0		15:45	8	44-54	3	40-46
9	9:40	44	35-53	0		13:40	17	40-58	12	41-48
11	10:00	100	32 58	3	37-38	11:10	49	41-76	24	44-59
	13:00	82	31-54	1	40	14:25	23	35-56	9	45-52
	16:20	34	32 56	2	35-47	17:05	34	56-65	6	33-53
	21:00	29	35-51	0		23:15	4	46-55	2	47-54
	22:35	64	38 53	0						
12	1:15	44	39-58	0		5:30	22	38-58	2	46 52
	2:57	44	36 56	0						
	4:30	51	34-56	0						
	7:20	49	32-55	0						
*	7:50	52	33-64	0						
13	14:50	68	32-52	0						
*	15:20	30	43 64	0						
15						15:30	33	33-57	1	49
19	10:05	31	34-45	0						
21	20:00	82	34 66	0		10:00	17	38 62	1	56
	23:00	119	34-47	0		12:00	25	39-70	0	
	23:15	30	32-63	0		15:00	49	36-60	4	51-56
22	11:30	24	34-51	0						
29	10:50	52	34 54	0		13:37	1	42	0	
July 6	11:30	20	38 46	0						
28	10:30	6	48 54	0						
Total		1,373	31-66	7	35-47		427	33-76	251	31-59

* Outside the harbour.

塩分計により測定した．また，透明度は透明度板を用いて測定した．観測時の底深は両港とも2.0～3.5mの範囲であった．また，24時間にわたる調査では，稚魚採集地点に近い岸壁で照度計を用いて，日没および日出前後に空中照度を測定した．

動物プランクトンの採集には北原式ネット（口径30cm，側長100cm，NXX13，目合0.09mm）およびMTDネット（元田式水平閉鎖ネット，口径56cm，側長170cm，ニップ60，袋網 NGG 54，目合0.33mm）を用いた．北原式ネットは岸壁から海底まで降下させ，しばらく待ってから鉛直に引き上げてプランクトンを採集し，MTDネットは岸壁と平行に表層を30mえい網した．採集物は約10%のホルマリン液で固定し，研究室に持ち帰ってから，実体顕微鏡下においてヒドロゾア，多毛類，巻貝類，カラヌス類，ハルパクチクス類，橈脚類幼生，橈脚類の卵，クラゲノミ類，アミ類，アミ類幼生，クマ類，コツブムシ類，ヘラムシ類，ヨコエビ類，オキアミ類，十脚類幼生，昆虫類成

Table 2. 1984年に昆布森，桂恋両港で採集されたサケ稚魚の尾叉長組成
Size composition of juvenile chum salmon collected in Konbumori and Katsurakoi harbours in 1984.

Fork length (mm)	Konbumori Harbour		Katsurakoi Harbour
	Inside	Outside	Inside
30 – 35	38	1	1
35 – 40	449	3	52
40 – 45	356	2	90
45 – 50	330	16	102
50 – 55	94	34	94
55 – 60	17	17	64
60 – 65	6	9	17
65 – 70	1		3
70 – 75			3
75 – 80			1
Total	1,291	82	427

虫，昆虫類幼虫，魚卵および魚類稚仔の計20項目の生物群に区分し，項目別に個体数を計数した．MTDネットによる採集物については，稚魚などの大型プランクトンを除き，吸引法[52]により全体の湿重量を測定した後，項目別に個体数を計数した．両ネットとも濾水計を用いなかったので，ここでは濾水率を100%と仮定して，ひき網距離とネットの口径から濾水量を推定し，これから1㎥当たりの動物プランクトンの個体数および現存量（湿重量）を計算した．なお，本研究で述べるプランクトンの現存量はすべて単位容積当たりの湿重量をさす．

胃内容物の調査は1標本20尾を基準に計490尾について行った．餌生物は前述のプランクトンの分類群に加えて，大型のハルパクチクス類（*Harpacticus* spp.），中型のハルパクチクス類（体長1～2㎜），小型のハルパクチクス類（体長1㎜未満），大型のヨコエビ類（体長2㎜以上），および小型のヨコエビ類（体長2㎜未満）を区別した．

結　　果

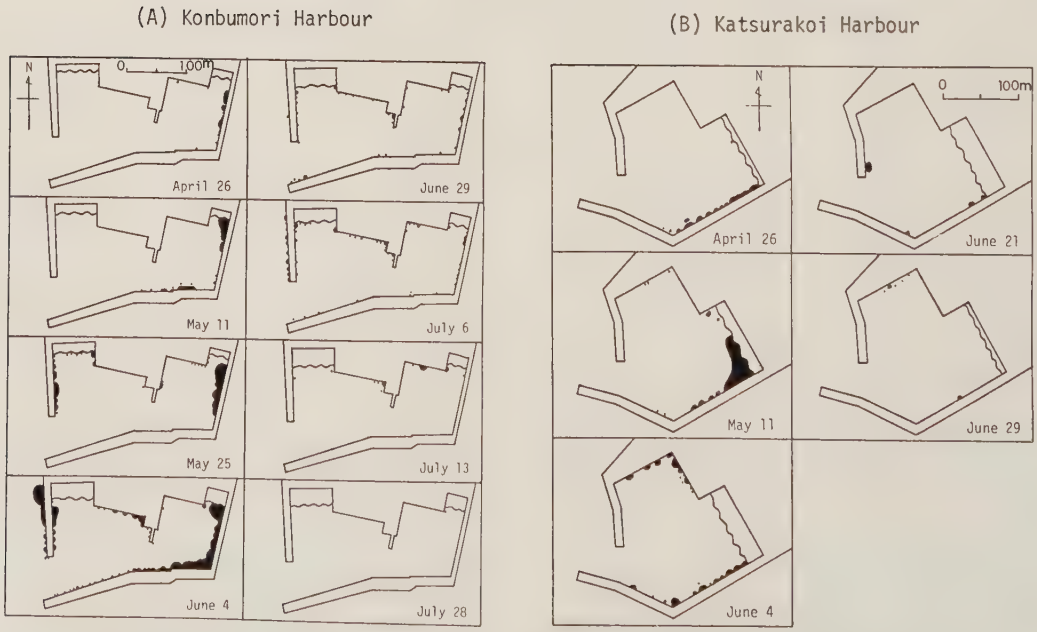


Fig. 4. 1984年の昆布森，桂恋両港内におけるサケ稚魚の分布の時期的変化．黒ぬりの部分は稚魚の分布範囲
Seasonal changes in distribution of juvenile chum salmon in Konbumori and Katsurakoi harbours in 1984 (shaded areas).

1. 港内における稚魚の分布

昆布森港および桂恋港におけるサケ稚魚の分布の時期的変化を Fig. 4 に示した．昆布森港では，カラフトマス稚魚はごく少数（0.5%）しか採集されず（Table 1），分布していた稚魚の大部分はサケ稚魚と考えられる．4月下旬～5月上旬には，稚魚は港の奥の船揚場付近の岸壁ぞいに多く分布した．5月末になると，稚魚の分布域は港の奥から岸壁ぞいに港口近くまで広がり，6月上旬～中旬には港口近くの稚魚の数が増加し，さらに，港外にも多数の稚魚が分布するようになった．そして，6月下旬には港内の稚魚の数が減少し，7月中旬以降になると港内には稚魚の姿がほとんど見られなくなった．

桂恋港では，サケ稚魚に混じってカラフトマス稚魚が分布し，4月下旬～5月上旬にはサケ稚魚よりむしろカラフトマス稚魚の方が多く採集されたが，5月中旬以降はサケ稚魚の方が多く採集された（Table 1）．4月下旬には南東側の岸壁ぞいにのみ稚魚が分布したが，5月中旬になると北西側の岸壁ぞいにもわずかに稚魚の姿が見られるようになり，とくに東側の隅に多数の稚魚の分布が見られた．そして，6月上旬には南東側とともに北西側の岸壁ぞいにも多数の稚魚が分布した．さらに，6月下旬になると港内に分布する稚魚の数が減少し，7月に入ると稚魚の姿はほとんど見られなくなった．

2. 稚魚の分布量の時期的変化

昆布森港および桂恋港における調査日ごとのサケ稚魚の目視数の変化を Fig. 5 に示した．ただし，稚魚は曇りや霧の日には海面にあまり姿を見せず，晴れの日に比べて目視数が少なくなるため，ここでは最大値を結んだものが分布量の変化を表わすと仮定した．昆布森港におけるサケ稚魚の分布量は4月下旬から6月上旬にかけて増加傾向を示し，6月4日には10～20万尾程度にも達した．6月5日以降，稚魚の分布量は急激な減少傾向を示し，6月11日には数万尾程度に，さらに，6月下旬～7月上旬には数千尾程度にまで減少した．稚魚の減少はさらに続き，7月28日にその分布を確認したのを最後に，それ以後サケ稚魚の姿を見つけることができなかった．

桂恋港では，前述のように，サケ稚魚とともにカラフトマス稚魚が多数分布しており，目視数は両種を合わせた数である．サケ・マス稚魚の分布量は，4月下旬から5月上旬にかけて急激に増加したが，5月上旬から6月上旬にかけては1万尾前後であまり変化が見られなかった．6月中旬以降，稚魚の目視数は急激に減少し，7月中旬には姿が見られなくなった．

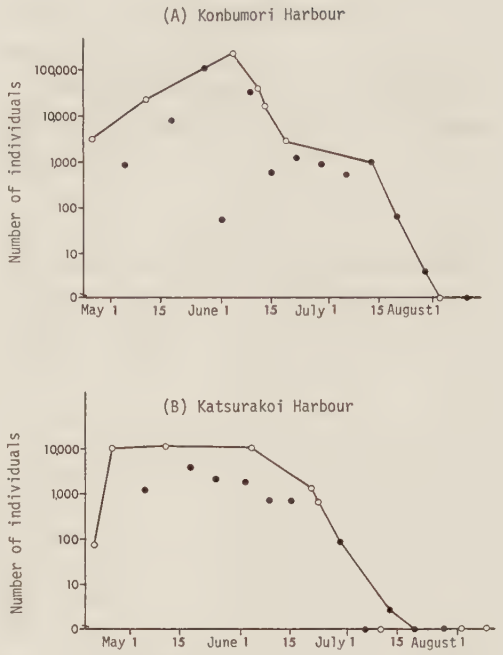


Fig. 5. 1984年の昆布森，桂恋両港内におけるサケ稚魚の目視数の時期的変化．白丸は晴れ，黒丸は曇りあるいは霧の日
Seasonal changes in numbers of juvenile chum salmon observed in Konbumori and Katsurakoi harbours in 1984. Open circles show clear days and closed circles cloudy or foggy weather.

昆布森のチョロベツ川では，前述のように，5月上，中旬と6月上旬にサケ稚魚を放流しており，5月中旬から6月上旬にかけて港内の稚魚の分布量が急激に増加したのは，それらの一部が港内に入ったためと考えられる．また，5月上旬以前に分布していたサケ稚魚は，近辺の河川で稚魚の放流が行われていないことから考えて，距離的に最も近い釧路川で放流された稚魚との関連が推測される．なお，昆布森港ではカラフトマス稚魚が4月26日に1尾と6月11日に6尾採集されたが（Table 1），このうち6月11日に採集されたものは，6月上旬にチョロベツ川からサケ稚魚とともにカラフトマス稚魚が3千尾程度放流されたことから[49]，それらとの関連が推測される．釧路管内でカラ

フトマス稚魚を放流している河川はチョロベツ川を除けば釧路川だけであり，桂恋港内に滞泳していたカラフトマス稚魚は，釧路川で放流されたものである可能性が強い．従って，桂恋港内に滞泳していたサケ稚魚も釧路川で放流されたものである可能性が強いと考えられる．

上述のように，昆布森港，桂恋港ともに6月中旬以降，稚魚の分布量は急激に減少しており，昆布森港では6月上旬～中旬に港口から港外にかけて多数の稚魚が分布するのが観察されたことや，同時期に，桂恋港でも稚魚が群れで港内を大きく旋回する行動が観察されたことから考えて，6月上旬～中旬頃にサケ稚魚の港外への移動が活発に行われたことが推察される．

3. 稚魚の成長

採集されたサケ稚魚の尾叉長範囲は昆布森港で31～66㎜，桂恋港で33～76㎜であった．昆布森港および桂恋港で採集されたサケ稚魚の尾叉長組成の時期的変化を Fig. 6 に示した．これによると，昆布森港では4月下旬から5月下旬にかけて尾叉長の増加が認め

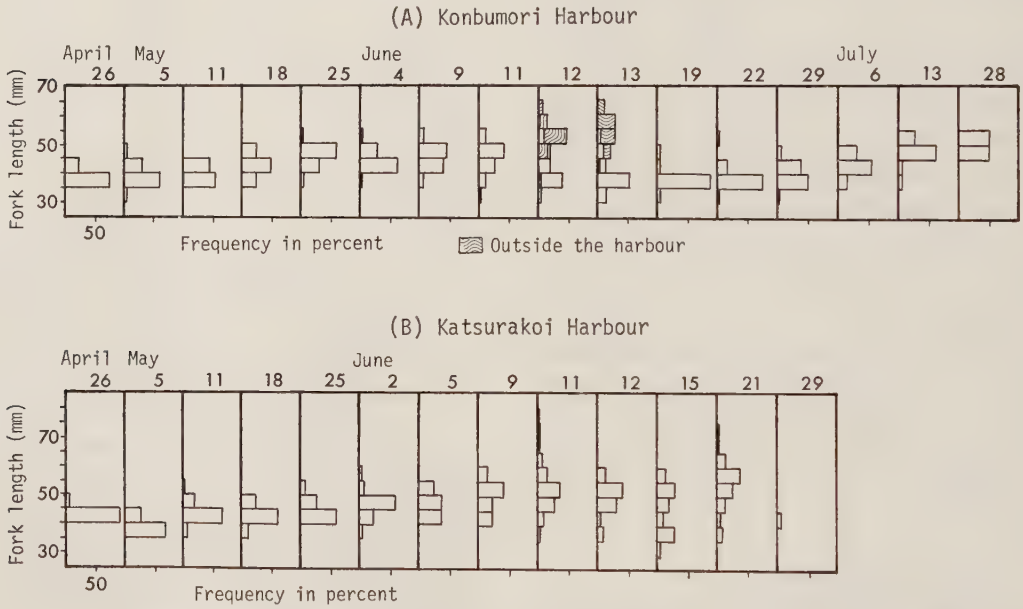


Fig. 6. 1984年に昆布森，桂恋両港で採集されたサケ稚魚の尾叉長組成の時期的変化
Size composition of juvenile chum salmon collected in Konbumori and Katsurakoi harbours in 1984.

られるが，途中，6月4日には尾叉長組成のモードが45～50㎜階級から40～45㎜階級に一度低下した(Fig. 6 (A))．また，6月12，13日には港内で採集された稚魚の尾叉長が急激に小型化し，同時期に，港外では尾叉長範囲40～65㎜，平均尾叉長51.8㎜のより大型の稚魚が採集された．これらのことから，尾叉長でほぼ45㎜以上の稚魚の一部は，5月26日以降には港外へ移動し始め，6月中旬にはこれらの稚魚の大部分が港外へ移動したことが推察される．一方，桂恋港では6月2日に尾叉長組成のモードが45～50㎜階級にあったが，6月5日にはその峰がなくなっており(Fig. 6 (B))，港内に分布した稚魚の目視数の減少(Fig. 5 (B))と合わせて考えると，この頃に一部の稚魚の港外への移動が行われたものと推察される．

次に，図には示していないが，尾叉長の階級を2㎜間隔，体重を100㎎間隔で区切ると，6月11日に昆布森港内で採集された稚魚は，尾叉長組成および体重組成に二つの峰が見られたことから，5月に放流された稚魚と6月上旬に放流された稚魚とが混じり合っている可能性があると考え，同日に採集された稚魚の尾叉長組成と体重組成を CASSIE の確率紙法[53]を用いて分離した．これによれば，採集稚魚は平均尾叉長

46.2mm，平均体重930mgの群と，平均尾叉長37.2mm，平均体重340mgの群の二つの群に分けられる（Fig. 7 (A)）．これらのことから，大型の群は5月に放流された稚魚に，また，小型の群は6月上旬に放流された稚魚にそれぞれ相当するものと推察される．さらに，大型の群は港外に出て行く稚魚の大きさと一致することから，6月中旬に港外へ出て行った稚魚は5月に放流された稚魚であり，また，港内に残った小型の稚魚は

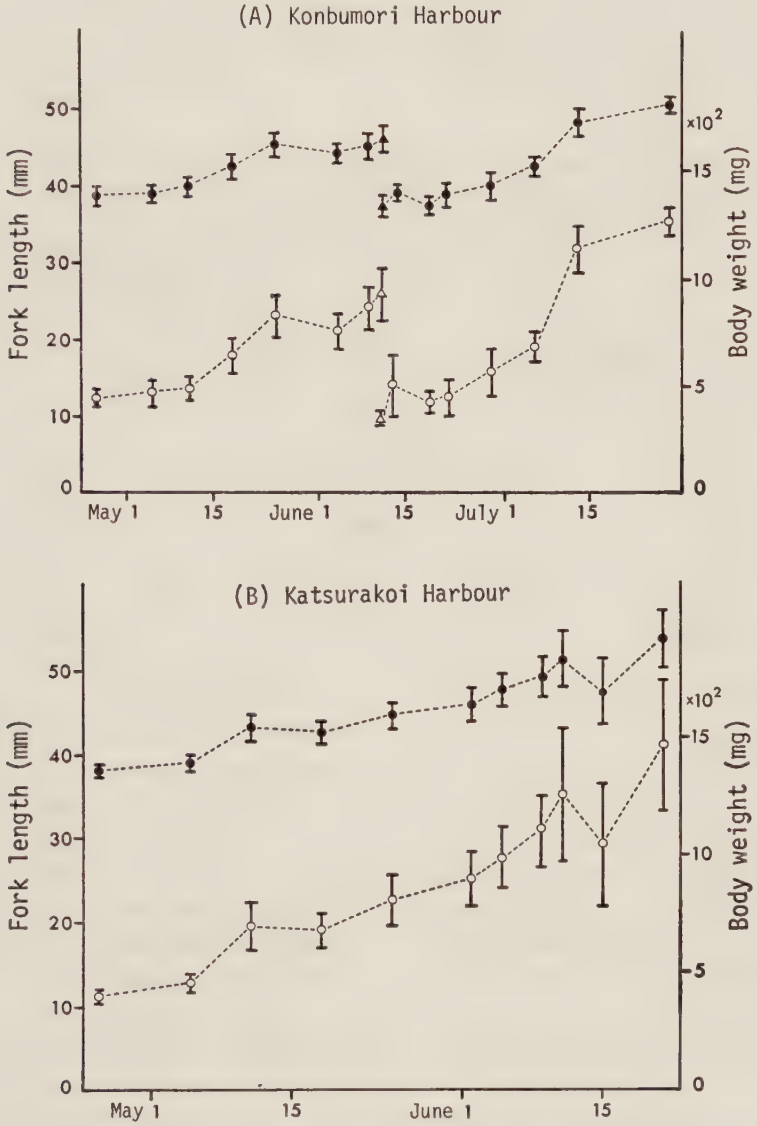


Fig. 7. 1984年に昆布森，桂恋両港内で採集されたサケ稚魚の平均尾叉長（黒丸）および平均体重（白丸）の時期的変化．黒三角および白三角はCassieの方法により分離した2群の尾叉長と体重の平均値，縦線は標準偏差
Seasonal changes in average length (closed circles) and weight (open circles) of juvenile chum salmon collected in Konbumori and Katsurakoi harbours in 1984. Closed and open triangles are mean values of length and weight computed by Cassie's method, with standard deviations.

6月上旬に放流された稚魚であると推測される．

次に，昆布森港内および桂恋港内で採集されたサケ稚魚の平均尾叉長と平均体重の時期的変化を Fig. 7 に示した．これから，昆布森港では4月26日～5月25日，および 6月11日～7月6日の期間のものが，また，桂恋港では5月18日～6月11日のものが同一群の稚魚の成長を表わすと仮定して，瞬間成長係数および1日当たりの増重率を試算した．尾叉長についての瞬間成長係数 $g(L)$ は，

$$g(L)=(\ln L_t-\ln L_0)/t$$

ただし，ln は自然対数，L_0 は初日に採集した稚魚の平均尾叉長，L_t は t 日後に採集した稚魚の平均尾叉長，t は初日からの経過日数である．また，体重についての瞬間成長係数 $g(W)$ は，

$$g(W)=(\ln W_t-\ln W_0)/t$$

ただし，W_0 は初日に採集した稚魚の平均体重，W_t は t 日後に採集した稚魚の平均体重である．また，1日当たりの増重率 $G(W)$ は，

$$G(W)=[e^{g(W)}-1]\times 100$$

により，それぞれ計算した．その結果を桂恋港のものとともに Table 3 に示した．昆布森港においては，4月26日～5月25日の期間では，瞬間成長係数は尾叉長で 0.0057，体重で 0.0219，1日当たりの増重率は 2.2％となった．また，6月11日～7月6日の期間では，瞬間成長係数は尾叉長で 0.0054，体重で 0.0283，1日当たりの増重率は 2.9％となった．

一方，桂恋港では，4月下旬から6月中旬にかけて港内で採集されたサケ稚魚の尾叉長に増加傾向が認められ，また，昆布森港に比べてより大型の個体まで港内に滞泳する傾向が認められた（Figs. 6, 7, Table 2）．桂恋港においては，瞬間成長係数および1日当たりの増重率を計算すると，尾叉長で 0.0082，体重で 0.0264，また，1日当たりの増重率は 2.7％となった（Table 3）．

Table 3. 1984年の昆布森，桂恋両港におけるサケ稚魚の瞬間成長係数および増重率の推定値
Computed instantaneous growth coefficients and growth rates of juvenile chum salmon in Konbumori and Katsurakoi harbours in 1984.

Area	Period	Average FL (mm)	Average BW (g)	Days	Instantaneous growth coefficient/day		Growth rate(%) in BW
					in FL	in BW	
Konbumori Harbour	April 26,1984	38.72	0.44				
	to			29	0.0057	0.0219	2.2
	May 25	45.67	0.83				
	June 11	37.20	0.34				
	to			25	0.0054	0.0283	2.9
	July 6	42.56	0.69				
Katsurakoi Harbour	May 18	42.67	0.68				
	to			24	0.0082	0.0264	2.7
	June 11	51.94	1.28				

4. 海況条件の時期的変化

昆布森港および桂恋港の表面水温，表面塩分および透明度の時期的変化を Fig. 8 に示した．これによると，表面水温の上昇状態は両港に大きな差は見られず，4月下旬の 3℃から徐々に上昇し，6月中旬に 10℃，8月上旬には 15℃に達した．ただし，表面水温の変動幅は昆布森港の方が若干大きかった．

表面塩分は，昆布森港では4月下旬から7月上旬までは 31.3～32.1‰ の範囲で変化し，大きな変動はないが，7月20日には 27.6‰ と急激に低下し，7月28日には 30.7‰，8月3日には 31.9‰ と著しい変動を示した．一方，桂恋港では，4月下旬から7月中旬までは 31.0～32.5‰ の範囲で変化し，昆布森港と同様に大きな変動はないが，昆布森港より若干高い傾向が認められた．また，7月20日には昆布森港と同様に表面塩分は低下し，31.3‰ を示したが，その後，7月27日には 31.5‰，8月3日には 32.4‰ まで回復した．7月20日の塩分の低下は前日の降雨による影響と

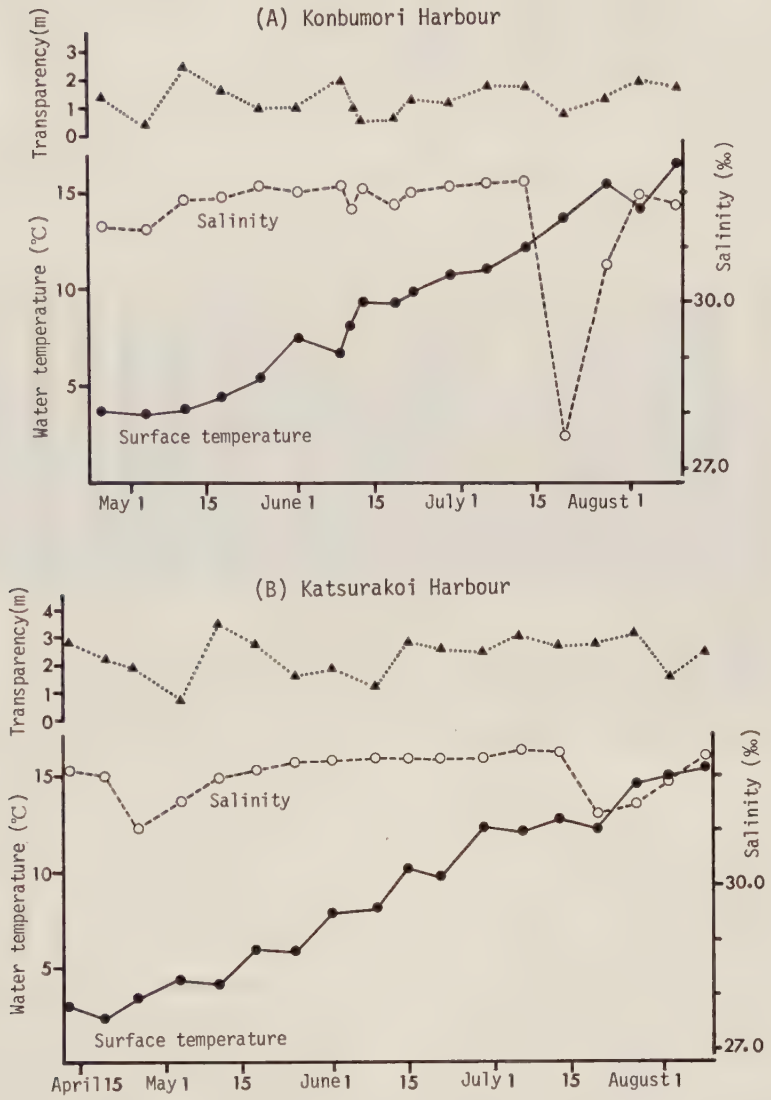


Fig. 8. 1984年の昆布森，桂恋両港内における表面水温（黒丸），表面塩分（白丸）および透明度（黒三角）の時期的変化
Seasonal changes in surface temperature (closed circles), salinity (open circles), and transparency (closed triangles) in Konbumori and Katsurakoi harbours in 1984.

考えられる．

透明度は，昆布森港では0.4～2.5mの範囲で変化しており，1m未満が7日，1～2mが9日，2m以上が2日であった．桂恋港では0.7～3.5mの範囲で変化しており，1m未満が1日，1～2mが5日，2～3mが9日，3m以上が3日となり，昆布森港より若干透明度が高い傾向が認められた．

以上の結果から，昆布森港の表面塩分および透明度は桂恋港より低いことがわかる．これは昆布森港の東側にチョロベツ川があり，この河川水の影響を受けるためと考えられる．また，河川水は表面水温の変動にも若干影響を及ぼしているように見受けられる．

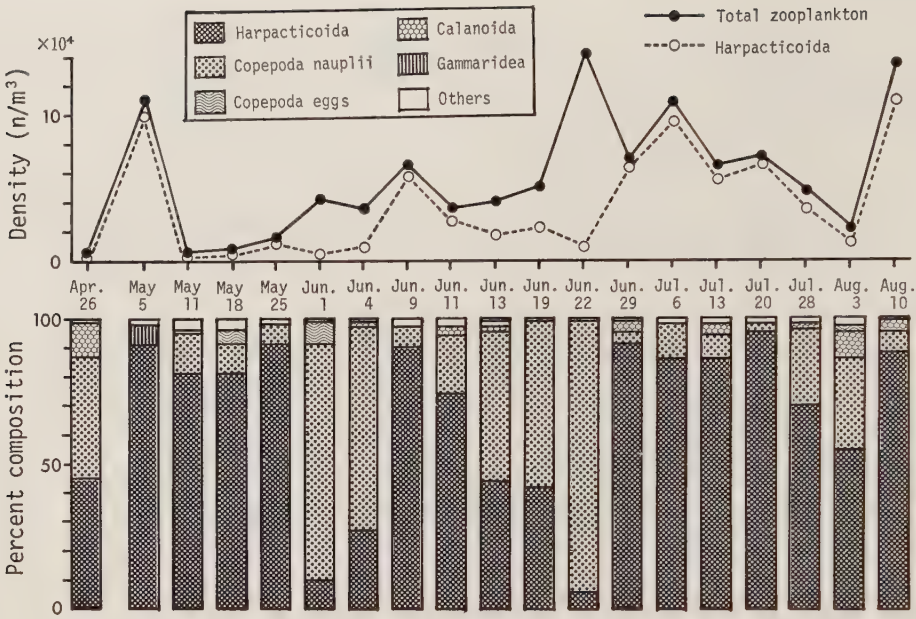


Fig. 9. 1984年に昆布森港内で北原式ネットにより採集された海面から海底までの層の動物プランクトンの密度および個体数組成の時期的変化
Seasonal changes in density and composition of zooplankton in water column from the surface to the sea bottom of Konbumori Harbour, obtained with a KITAHARA net in 1984.

5. 動物プランクトンの分布密度および組成の時期的変化

昆布森港で北原式ネットによって採集された動物プランクトンの分布密度および個体数組成を採集日別にSuppl. table 1 および Fig. 9 に示した．プランクトンの分布密度は採集日によって大きく変動しており，かなりのばらつきがみられた．5月上旬には約11万個体／m³と一つの峰があるが，それ以降は約1万個体／m³と少ない状態が続いた．6月上旬から中旬にかけて約6万個体／m³と一つの峰が見られ，下旬にはさらに大きな峰を示し，約14万個体／m³に達した．7月上旬以降は減少傾向を示し，8月初めに約2万個体／m³まで減少したが，最後の採集日の8月10日には再び約12万個体／m³まで増加した．

一方，個体数組成ではハルパクチクス類と橈脚類幼生が大部分を占め，カラヌス類，ヨコエビ類，橈脚類の卵およびその他は極めて少なかった．ただし，4月下旬だけはカラヌス類の割合が高く，他の時期と異なっていた．また，6月上旬と中旬には橈脚類幼生が60～80% と急激に増加した．その他の時期は，ハルパクチクス類が全体の80～90% を占め，橈脚類幼生が10% 前後で，残りはカラヌス類，橈脚類の卵，ヨコエビ類等であった．主要な構成群であるハルパクチクス類の分布密度の時期的変化をみると (Fig. 9)，5月上旬に約10万個体／m³，6月上旬に約6万個体／m³，7月上旬には約9万個体／m³，さらに，8月上旬には約10万個体／m³と四つの峰が認められた．

次に，昆布森港内で MTD ネットの表層びきによって採集された動物プランクトンの分布密度および個体数組成を採集日別に Suppl. table 2 および Fig. 10 に示した．これによると，表層のプランクトンの分布密度は調査を始めた4月下旬の584個体／m³を最高に急激に減少し，5月中旬には5～7個体／m³になり，その後8月上旬まで1～39個体／m³の範囲で小きざみな変動を示したが，全体的には低いままで大きな増加は見られなかった．また，個体数組成では，カラヌス類が最も多く，ハルパクチクス類およびヨコエビ類がそれに次いだ．カラヌス類は4月下旬～7月上旬に多く，60～90% を占め，ハルパクチクス類は7月中旬～8月上旬に比較的多く出現した．ヨコエビ類はそれほど多くなく，数%～30 % の範囲で出現した．

さらに，昆布森港および柾恋港における MTD ネ

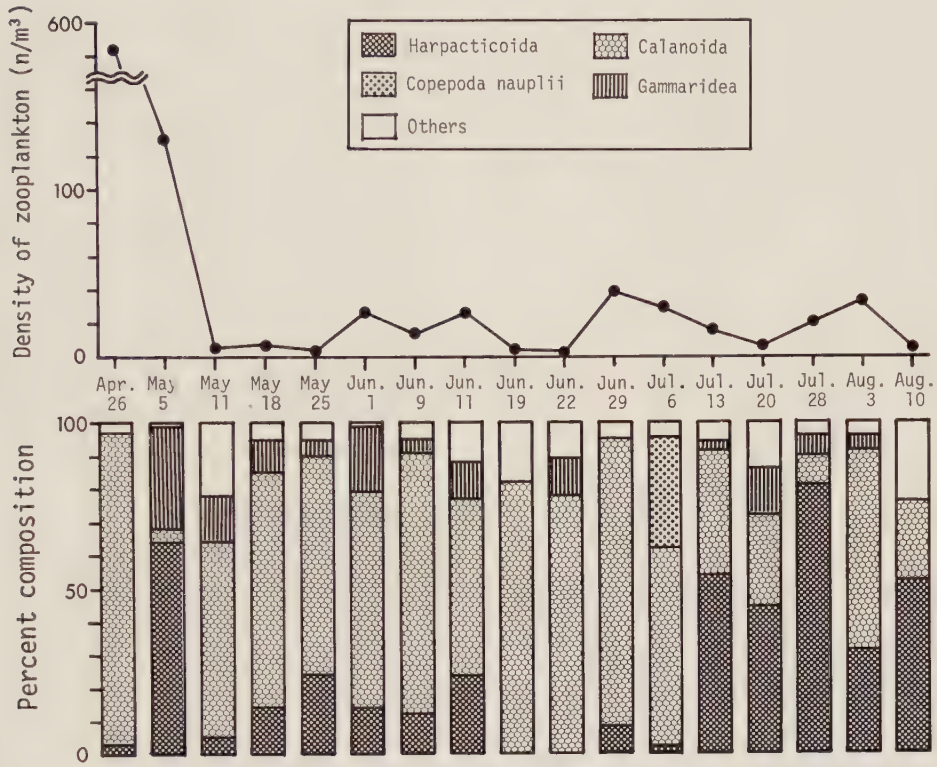


Fig. 10. 1984年に昆布森港内でMTDネットにより採集された表層の動物プランクトンの密度および個体数組成の時期的変化
Density and composition of zooplankton in the surface layer of Konbumori Harbour, obtained with a MTD net in 1984.

ット採集による表層の動物プランクトンの現存量（湿重量，mg/m³）の時期的変化を Fig. 11 に示した．両港におけるプランクトンの現存量は異なった変動のパターンを示した．昆布森港では現存量は3～70 mg/m³の範囲で変化し，4月下旬，6月上旬および8月上旬に峰が認められた．一方，桂恋港では現存量は1～1,800 mg/m³の範囲で変化し，6月中旬～7月上旬に大きな峰が認められた．このうち6月中旬の峰は最大であり，これはクラゲノミ類が大量に採集されたためである．

6. 摂餌の日周期的変化

昆布森港における6月11日～12日の24時間調査で採集されたサケ稚魚の胃内容物重量指数の時間的変化を，日没と日出前後の空中照度の変化とともに Fig. 12 に示した．ただし，胃内容物重量指数は胃内容物重量を稚魚の体重で除し，それを100倍した値である．これによると，胃内容物重量指数の平均値は1.4～7.0の範囲で変化しており，10時の値が5.9と最も高く，その後夕方まで一貫して減少傾向を示し，日没後の20時には3程度になった．また，夜間の21時～22時30分には若干増加しているが，それ以降はまた急激に減少し，日出が始まった4時30分頃には1.7と最低の値を示した．そして，日出後の7時以降には再び急激な増加傾向を示した．なお，夜間の21時～3時の標本は外灯の光の影響がある場所で採集したものであり，それ以前のものと採集場所が異なっていた．一方，空中照度は夕方の16時30分に1,200 lxあったものが18時50分に41 lx，19時10分にほぼ0 lxになり，日出前の3時16分に1 lx，3時45分に25 lxになり，6時には1,300 lxを示した．

以上の結果から，サケ稚魚は朝方活発に摂餌し，日

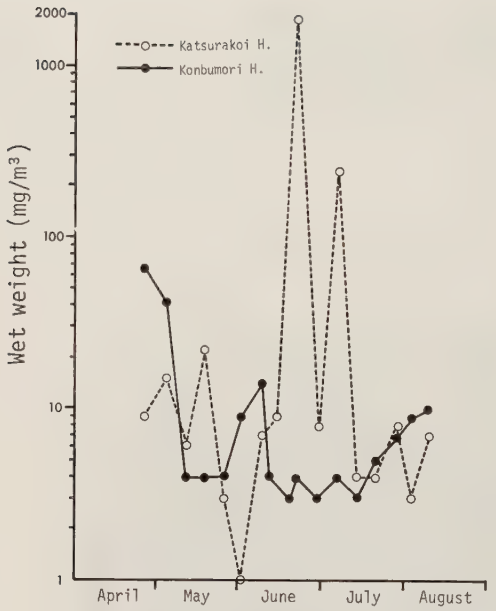


Fig. 11. 1984年に昆布森，桂恋両港内においてMTDネットの水平びきにより推定された表層の動物プランクトン現存量の時期的変化
Seasonal changes in zooplankton biomass in the surface layer of Konbumori and Katsurakoi harbours, estimated from horizontal tows with a MTD net in 1984.

中から夕方にかけてはそれほど活発に摂餌を行っておらず，夜半過ぎから日出時まではほとんど摂餌を行っていないものと推察される．稚魚の摂餌と照度の関連については，今回は明確な結果が得られなかったが，外灯の光の影響がある場所では日没後もわずかながら摂餌を行っていることが考えられる．カラフトマス稚魚では2フィートカンデラ（約22 lx）以上の照度条件で摂餌を行い，日没30分前から日出30分後までは摂餌を行わないことが知られている[54]．前述の外灯の下で最も海面に近い地点で空中照度を測定したところ，照度は5 lx 程度であったことから，稚魚の摂餌にとっては外灯の光の影響する場所でもかなり厳しい条件にあることが伺われる．

7. 摂餌量の時期的変化

昆布森港で採集されたサケ稚魚について，胃内容物重量指数を求め，その時期的変化を Fig. 13 に示した．これによると，胃内容物重量指数は4月下旬には4以上で比較的高い値を示しているが，5月から6月上旬にかけては2前後と極めて低い．そして，6月中旬から7月上旬までは 1.3〜5.0 の範囲を上下し，7月中旬には6以上と大きく増加した．

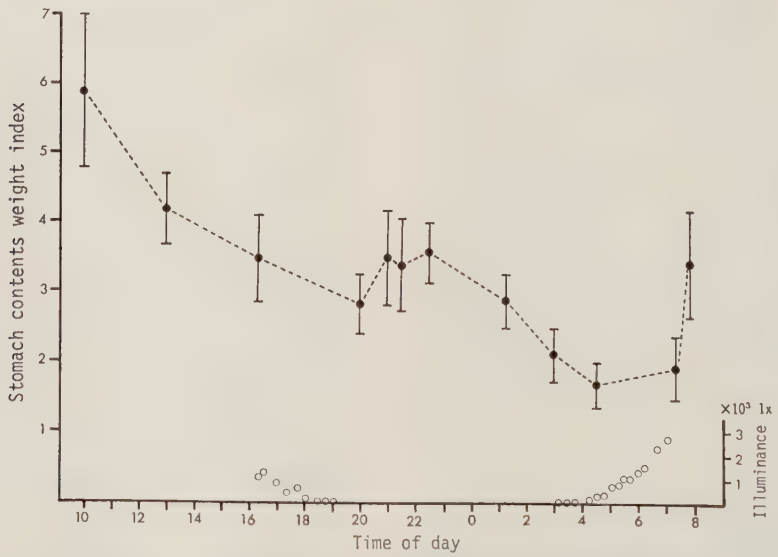


Fig. 12. 1984年6月11日〜12日に昆布森港内で採集されたサケ稚魚の胃内容物重量指数（黒丸）と照度（白丸）の時間的変化．黒丸は平均値，縦線は95%信頼区間
Diel changes of illuminace (open circles) and stomach contents weight index (closed circles) of juvenile chum salmon collected in Konbumori Harbour on June 11-12, 1984. Closed circles are mean values and vertical bars the 95% confidence intervals.

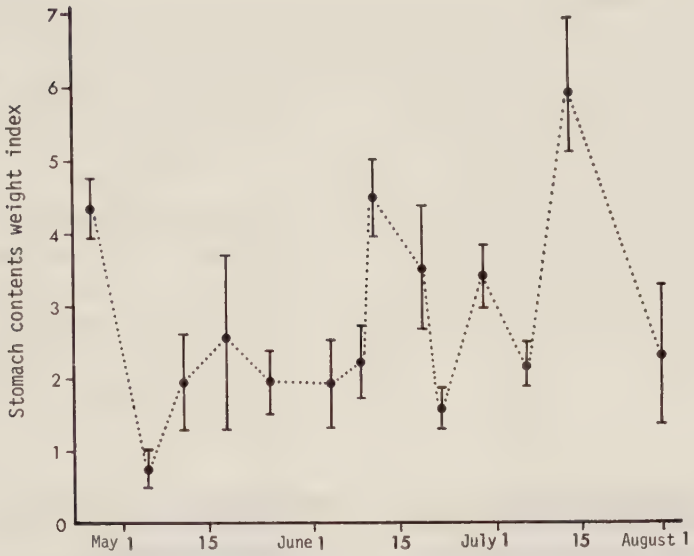


Fig. 13. 1984年に昆布森港内で採集されたサケ稚魚の胃内容物重量指数の時期的変化. 黒丸は平均値, 縦線は95%信頼区間
Seasonal changes in the stomach contents weight index of juvenile chum salmon collected in Konbumori Harbour in 1984. Closed circles are mean values and vertical bars the 95% confidence intervals.

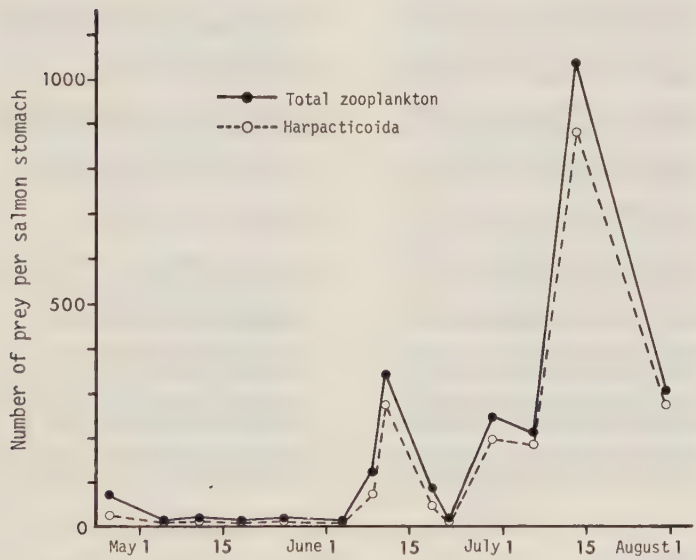


Fig. 14. 1984年に昆布森港内で採集されたサケ稚魚1尾当たりの餌生物の摂餌個体数の時期的変化
Seasonal changes in numbers of prey per stomach of juveniie chum salmon collected in Konbumori Harbour in 1984.

次に，稚魚1尾当たりの胃内容物中の餌生物の個体数の時期的変化を Fig. 14 に示した．胃内容物中の餌生物の個体数は，4月下旬は67個体／尾と若干多いが，5月には20個体／尾前後に減少して極めて少ない状態が続いた．6月になると一時期増加して340個体／尾近くなるが，6月下旬には再び20個体／尾前後に減少した．そして，7月になると急激に増加して，7月中旬には約千個体／尾にまで達した．

以上の結果から，サケ稚魚の摂餌活動は4月下旬，6月中旬および7月中旬頃に活発であったことが伺われる．一方，胃内容物重量指数および稚魚1尾当りの餌生物の摂餌個体数は港内に多数の稚魚が滞留していた5月上旬～6月上旬の期間に少なかったことから，この間は摂餌活動とは無関係に，餌をめぐる競合が高まったとも考えられる．

8. 胃内容物組成の時期的変化

昆布森港で採集されたサケ稚魚の胃内容物の調査結果を餌項目別の個体数組成で Suppl. table 3 に，また，個体数組成および体積組成で Fig. 15 に示し

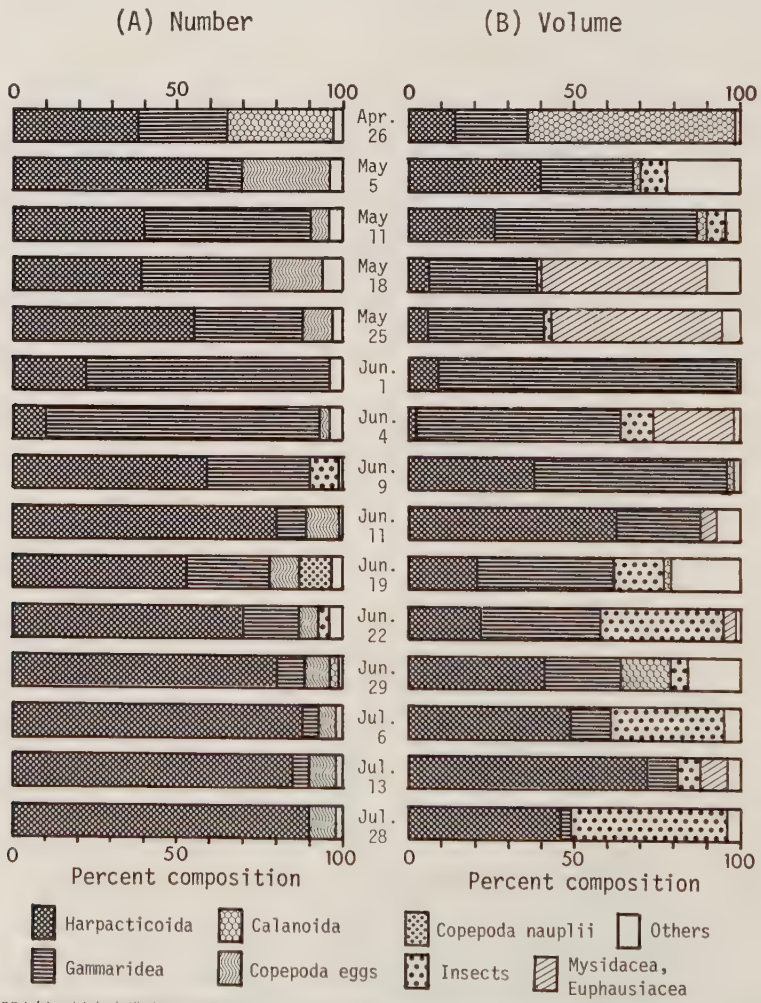


Fig. 15. 1984年に昆布森港内で採集されたサケ稚魚の胃内容物組成の時期的変化．（A）：個体数，（B）：体積
Seasonal changes in stomach contents of juvenile chum salmon collected in Kombumori Harbour in 1984. (A): number, (B): volume.

Table 4. 1984年に昆布森港内で採集されたサケ稚魚の胃内容物中に出現した主要餌生物の平均体重および小型のハルパクチクス類の体重を基準にした場合の体重比
Average weight of main food organisms in the stomachs of juvenile chum salmon collected in Konbumori Harbour in 1984. BL : body length.

Food organisms	No. of individuals examined	Average weight $\times 10^{-5}$(g)	Size ratio by weight
Harpacticoida(BL<1㎜)	20,948	2.4	1.0
Harpacticoida(1≦BL<2㎜)	14,221	6.7	2.8
Harpacticoida(*Harpacticus* spp.)	152	15.1	6.2
Calanoida	23	34.8	14.3
Gammaridea(BL≧2㎜)	79	373.4	153.7
Gammaridea(BL<2㎜)	4,878	12.3	5.1
Cumacea	77	61.0	25.1
Decapoda zoea	100	13.0	5.4
Flabellifera	30	53.3	22.0
Insects	85	111.8	46.0
Insects larvae	30	283.3	116.6
Valvifera	14	128.6	52.9
Fish larvae	11	2,864.0	1,178.6
Polychaeta	21	47.6	19.6
Mysidacea, Euphausiacea	18	2,106.0	866.7
Mysidacea larvae	161	35.4	14.6
Hyperiidea	181	80.1	33.0

た．これによると，個体数組成では4月下旬はカラヌス類の割合が比較的高く，他の時期と異なった．5月から6月上旬までは，ハルパクチクス類の割合が減少してヨコエビ類が増加した．すなわち，5月上旬にはハルパクチクス類が60%近くを占め，ヨコエビ類は10%足らずであったが，6月上旬にはハルパクチクス類が10%足らず，ヨコエビ類が85%近くと，両者の割合が逆転していた．6月中旬以降はハルパクチクス類が急激に増加し，全体の80〜90%に達した．それに対し，ヨコエビ類は5%未満にまで減少した．このように，サケ稚魚の胃内容物組成は6月上旬を境に大きく変化しているように見受けられた．

次に，各餌生物群の平均体重を測定した結果から，小型のハルパクチクス類の体重を1として各餌生物群との体重比を Table 4 に示した．すべての餌生物の比重が等しいと仮定すると，これは体積比を示すことになる．体重では小型のハルパクチクス類に対して小型のヨコエビ類および十脚類幼生は約5倍，カラヌス類は約14倍，昆虫類は約46倍，オキアミおよびアミ類は約900倍．また，ガジ・ギンポ類の稚魚は約1,200倍となり，餌生物によってかなり体の大きさが異なることがわかる．Fig. 15 の体積組成は Table 4 の体積比を用いて，個体数組成を体積組成に換算したものである．これによると，体積組成では全体的にハルパクチクス類の割合が個体数組成でみた時より低くなり，逆に，ヨコエビ類の割合が高くなっている．個々にみれば，4月下旬は個体数組成と同様にカラヌス類の割合が高く，他の時期と異なることがわかる．5月中旬から6月上旬にかけてはハルパクチクス類の割合が10%未満と低く，個体数の割に胃内容物に占める体積の割合は小さい．同時期には，ヨコエビ類をはじめ，アミ類，オキアミ類等の大型の動物プランクトンの割合が高い．6月以降はハルパクチクス類の割合が高くなっているが，胃内容物の大部分を占めるというほどではない．また，この時期に昆虫類の割合も比較的高くなっている．その他の割合も比較的高く，その内容は魚類稚仔，多毛類等であった．

以上の結果から，胃内容物としてのハルパクチクス類は個体数組成において極めて高い割合を占めるが，体積組成でみるとその割合はやや低くなることがわかる．一方，ヨコエビ類，アミ類，オキアミ類等の大型の動物プランクトンは個体数組成では小さな割合であるが，体積組成では比較的大きな割合を占め，ハルパクチクス類に劣らず重要な餌となっていることが推察

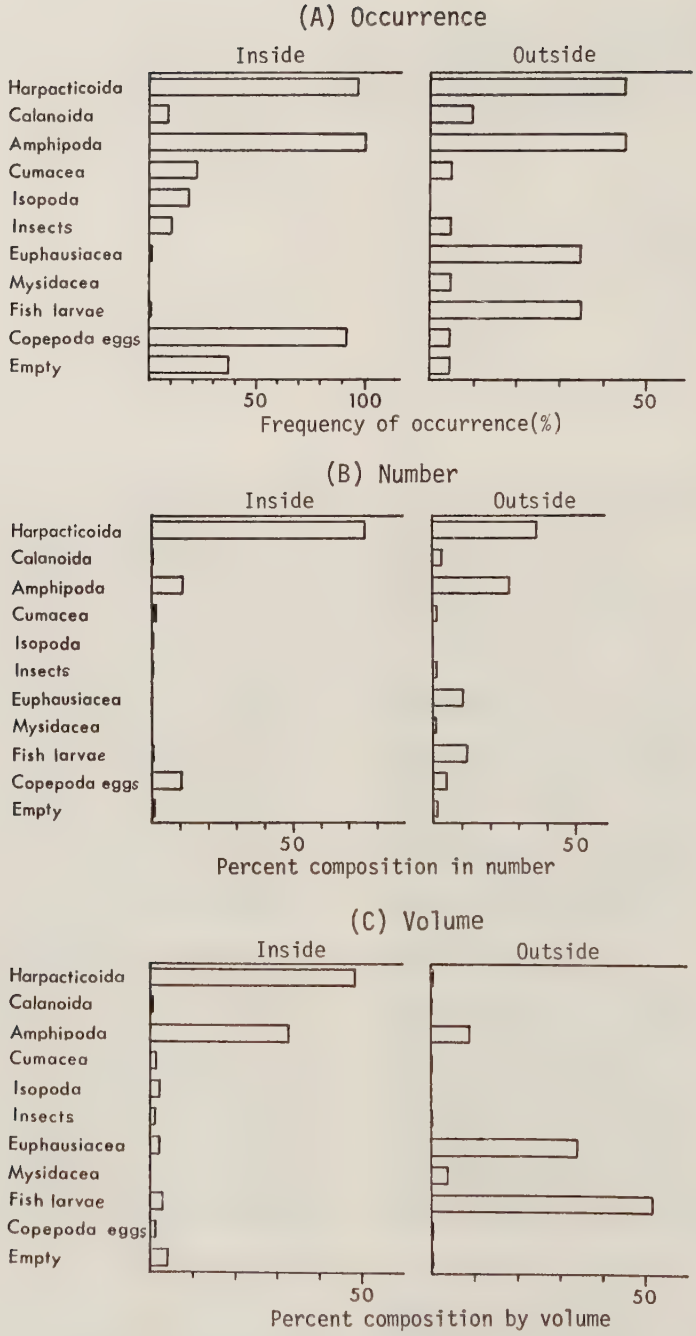


Fig. 16. 1984年6月11日～12日に昆布森港内および港外で採集されたサケ稚魚の胃内容物中に出現した餌生物の3方法による表示．（A）：出現率，（B）：個体数，（C）：体積
Food organisms by three methods in the stomach contents of juvenile chum salmon collected inside and outside Konbumori Harbour on June 11-12, 1984. (A) : occurrence, (B) : number, (C) : volume.

される．

9. 稚魚の胃内容物の港内と港外における差異

6月11日～12日に昆布森港内および港外で採集されたサケ稚魚の胃内容物の調査結果を餌項目別の出現率，個体数組成，および体積組成で Fig. 16 に示した．ただし，出現率は当該餌項目を摂餌していた稚魚の個体数の全調査個体数に対する比率を示す．用いた標本は，港内のものは6月11日の10時から翌日12日の7時20分までに採集した稚魚200尾（平均尾叉長45.1mm），港外のものは6月12日の7時50分に採集した稚魚20尾（平均尾叉長51.8mm）である．胃内容物の出現率（Fig. 16(A)）を見ると，港内の稚魚はハルパクチクス類，ヨコエビ類および橈脚類の卵の率が高く，それに対して港外の稚魚はハルパクチクス類，ヨコエビ類，オキアミ類および魚類稚仔の率が高かった．次に，胃内容物の個体数組成（Fig. 16(B)）を見ると，港内の稚魚はハルパクチクス類の割合が著しく高く，80%近くにも達していた．港外の稚魚でもハルパクチクス類の割合が最も高かったが，港内のものほどではなく，40%程度であった．一方，胃内容物の体積組成（Fig. 16(C)）では両者間に大きな差が見られた．すなわち，港内の稚魚ではハルパクチクス類およびヨコエビ類が胃内容の大部分を占めていたのに対して，港外の稚魚ではオキアミ類および魚類稚仔が大きな部分を占めていた．

以上の結果から，港内の稚魚はハルパクチクス類およびヨコエビ類を数多く摂餌して胃を満たしているのに対し，港外の稚魚は魚類稚仔およびオキアミ類等のより大型の餌を数少なく摂餌して胃を満たしていると考える．また，ここには示していないが，6月12日の7時20分に港内で採集した稚魚と，そのすぐ後の7時50分に港外で採集した稚魚の胃内容物重量指数を比較すると，平均値では港内のものが1.9，港外のものが3.4となり，港外の稚魚の方が倍近く多く食べていることがわかった．

10. 胃内容物組成とネット採集動物プランクトン組成の類似性

北原式ネットおよび MTD ネット採集物のどちらの組成がサケ稚魚の胃内容物組成に近いかを見るために，類似度指数の一つである KIMOTO の $C\pi$ 指数[55]を用いて両者の組成を比較し，Table 5 に示した．KIMOTO の $C\pi$ 指数は次式により計算される．

$$C\pi=\frac{2\sum_{i=1}^{s} n_{1i}\cdot n_{2i}}{(\sum\pi_1{}^2+\sum\pi_2{}^2)N_1\cdot N_2} \qquad 0\leqq C\pi\leqq 1$$

$$\sum\pi_1{}^2=\sum_{i=1}^{s}\frac{(n_{1i})^2}{(N_1)^2}\ ,\quad \sum\pi_2{}^2=\sum_{i=1}^{s}\frac{(n_{2i})^2}{(N_2)^2}$$

ただし，N_1 は胃内容物中のプランクトンの総数，N_2 はネット採集のプランクトンの総数，n_{1i}, n_{2i} はそれぞれ胃内容物およびネット採集プランクトンの i 番目の分類群別の個体数，s は分類群数である．組成が全く同じ場合は $C\pi$ の値は1になる．

Table 5. 1984年に昆布森港内で採集されたサケ稚魚の胃内容物組成とプランクトンネット採集の動物プランクトン組成より計算した KIMOTO の $C\pi$ 指数
KIMOTO's $C\pi$ indices of similarity, calculated by the composition of the stomach contents of juvenile chum salmon and plankton samples collected in Konbumori Harbour in 1984.

Date	KITAHARA net	MTD net
April 26, 1984	0.590	0.531
May 5	0.867	0.896
May 11	0.601	0.227
May 18	0.651	0.212
May 25	0.797	0.325
June 1	0.042	0.335
June 9	0.833	0.157
June 11	0.953	0.396
June 19	0.658	0.008
June 22	0.063	0.054
June 29	0.982	0.123
July 6	0.987	0.362
July 13	0.990	0.792
July 28	0.914	0.981

これによると，比較した14回のうち11回は北原式ネットの組成との類似度が高く，北原式ネット採集のプランクトン組成の方が胃内容物組成により類似している傾向が認められた．これは前述したようにサケ稚魚がハルパクチクス類を主に食べているに対して，MTD ネットの組成（Fig. 10）にはハルパクチクス類が大きな割合で出現していないことが影響しているものと思われる．また，北原式ネットとの類似度においても6月1日の値は0.042と極めて低かったが，これはネット採集物中に橈脚類幼生が80%程度の高い割

Table 6. 1984年に昆布森港内で採集されたサケ稚魚の胃内容物組成と北原式ネット採集の動物プランクトン組成より計算した IVLEV の選択性指数
IVLEV electivity values for the main food organisms of juvenile chum salmon, calculated by the composition of stomach contents and KITAHARA net samples collected in Konbumori Harbour in 1984.

Food organisms	Harpacticoida			Calanoida			Gammaridea		
Date	Occurrence in net samples(%)	Occurrence in stomachs (%)	Electivity value (E)	Occurrence in net samples(%)	Occurrence in stomachs (%)	Electivity value (E)	Occurrence in net samples(%)	Occurrence in stomachs (%)	Electivity value (E)
April 26	44.53	37.55	0.085	12.52	32.26	0.441	0.74	26.53	0.946
May 5	91.12	59.19	-0.212	0	0.57	1.000	6.52	10.35	0.227
May 11	81.03	40.00	-0.339	1.21	0.97	-0.110	0.41	49.76	0.984
May 18	81.30	38.78	-0.354	2.81	0	-1.000	0.94	38.77	0.953
May 25	91.19	54.54	-0.251	1.06	0.63	-0.254	0	32.29	1.000
June 1	10.05	21.51	0.363	0	0	—	0.07	74.02	0.998
June 4	27.10	9.66	-0.474	2.55	0	-1.000	0.61	82.95	0.985
June 9	91.14	58.52	-0.218	0.42	0.33	-0.120	0.10	30.80	0.994
June 11	74.36	79.93	0.036	0.63	0.04	-0.881	0.14	8.70	0.968
June 19	42.20	52.52	0.109	0	0.46	1.000	0	24.75	1.000
June 22	6.29	69.69	0.834	0.50	1.21	0.415	0	16.06	1.000
June 29	90.87	79.41	-0.067	3.83	2.96	-0.128	0	9.07	1.000
July 6	86.46	87.94	0.008	0.73	0.39	-0.304	0	4.80	1.000
July 13	86.61	85.09	-0.009	4.54	0.28	-0.884	0	4.90	1.000
July 28	69.72	89.75	0.126	1.67	0	-1.000	0.02	0.34	0.889

合で出現したにもかかわらず (Fig. 9)，サケ稚魚がそれを全く食べていなかった (Fig. 15) ことによる．

以上の結果から，サケ稚魚は昼間に表層近くを群泳するのが観察されたが，必ずしも表層に分布する餌だけを食べているわけではなく，むしろごく表層より下層に分布する餌を多く食べていることが推察される．この理由としては，昼間の表層には下層に比べて餌が少ないことが考えられる．サケ稚魚がよく食べていたハルパクチクス類は自由生活をするが，一般に底生性で，何らかの形で他物，例えば海藻，石，砂粒などと接触を保って生活する[56] と言われており，稚魚が時空間的にどのようにハルパクチクス類を摂餌するのか興味ある問題である．

11. 餌生物の種類に対する摂餌選択性

サケ稚魚の胃内容物中に比較的多く出現したハルパクチクス類，ヨコエビ類およびカラヌス類について，北原式ネットの採集結果より計算された環境中の個体数組成と胃内容物中の個体数組成から IVLEV の選択性指数[57] を求め，Table 6 に示した．IVLEV の選択性指数 E は，

$$E=(r_i-P_i)/(r_i+P_i)$$

により求められる．ただし，r_i はある餌項目の胃内容物中での相対量 (%)，P_i は同じ餌項目の環境中での相対量 (%) である．ハルパクチクス類の選択性指数を見ると，ほとんどが0に近い値を示していることから，サケ稚魚はハルパクチクス類をその密度に応じて摂餌しているものと考えられる．カラヌス類については，個体数が少なかったこともあり，選択性指数はばらつきが大きく，これから選択性の有無を導くことは困難である．ヨコエビ類は，全体的に見て0.9～1.0と高い正の選択性を示している．ヨコエビ類は海底や海藻に接触して生活しているものが多く，今回の北原式ネットの鉛直びきによる採集では，環境中のヨコエビ類の相対量を求めるには無理があると思われ，この数値から直ちにサケ稚魚がヨコエビ類を選択的に摂餌しているとは言い難い．しかし，サケ稚魚の胃内容物中の個体数組成，重量組成等を考え合わせると，ヨコエビ類を比較的好んで食べていると言えないこともない．

12. 餌生物の大きさに対する摂餌選択性

昆布森港における6月11日～12日の24時間調査で，北原式ネットによって採集された全動物プランクトンの体長組成と同調査で採集されたサケ稚魚の胃内容物中に出現した餌生物の体長組成を Fig. 17(A) に，また，胃内容物として出現率の高いハルパクチクス類について，ネット採集したものの体長組成と胃内容物として出現したものの体長組成を求め，Fig. 17(B) に示した．ただし，稚魚の平均尾叉長は約45㎜であった．これによると，環境中には体長0.3～0.8㎜の動物プランクトンが多いが，胃内容物中には体長0.6～1.3㎜のものが多く出現していることがわかる．また，環境中のハルパクチクス類は体長0.5～0.7㎜のものが多く，胃内容物中のハルパクチクス類はそれより若干大きい体長0.6～0.8㎜のものが多かった．そして，環境中に比較的少ない体長0.9～1.3㎜のものが，胃内容物中に比較的多く出現した．この傾向は，北原式ネットでは大型のプランクトンが採集され難いことを考慮しても変わらないと思われる．

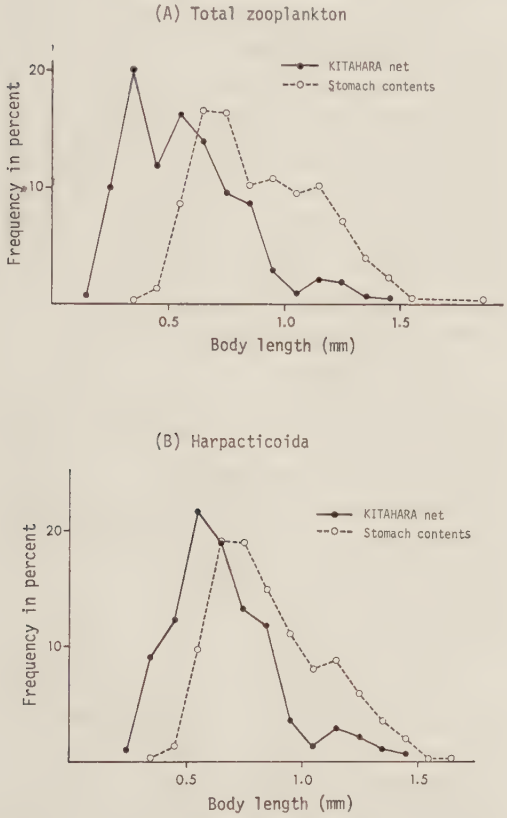


Fig. 17. 1984年に昆布森港内で北原式ネットにより採集された動物プランクトンの体長組成（黒丸）とサケ稚魚の胃内容物中に出現した動物プランクトンの体長組成（白丸）．(A)：全動物プランクトン，(B)：ハルパクチクス類
Size distribution of zooplankton in KITAHARA net samples and in the stomachs of juvenile chum salmon collected in Konbumori Harbour in 1984. (A): total zooplankton, (B): harpacticoid copepods.

Table 7. 1984年6月11日～12日に昆布森港内で採集されたサケ稚魚の胃内容物組成と北原式ネット採集のプランクトン組成より計算したハルパクチクス類の各体長階級における IVLEV の選択性指数
IVLEV electivity values for harpacticoid copepods, calculated by the composition of stomach contents of juvenile chum salmon and KITAHARA net samples collected in Konbumori Harbour on June 11-12, 1984.

Size interval in body length (mm)	Occurrence in net samples (%)	Occurrence in stomachs (%)	Electivity value (E)
0.2-0.3	1.14	0	-1.000
0.3-0.4	9.11	0.32	-0.932
0.4-0.5	12.30	1.58	-0.772
0.5-0.6	21.64	9.77	-0.378
0.6 0.7	18.91	18.99	0.002
0.7-0.8	13.21	18.81	0.175
0.8-0.9	11.85	12.84	0.040
0.9-1.0	3.64	10.51	0.486
1.0-1.1	1.37	7.19	0.680
1.1-1.2	2.96	8.10	0.465
1.2-1.3	2.28	5.37	0.404
1.3-1.4	0.91	3.74	0.609
1.4-1.5	0.68	2.27	0.539
1.5-1.6	0	0.40	1.000
1.6-1.7	0	0.11	1.000

さらに，ハルパクチクス類について，体長を0.1㎜間隔に区切って，それぞれの体長階級ごとに IVLEV の選択性指数を求め，Table 7 に示した．これによると，ハルパクチクス類の体長0.6㎜未満のものに対しては負の選択性を示し，小さいものほどその傾向が強いように見受けられる．また，体長0.6～0.9㎜のものに対しては，選択性指数が0に近いことから，その密度に応じて摂餌しているものと考えられる．そして，体長0.9～1.7㎜のものに対しては正の選択性

を示し，特に，体長1.5～1.7㎜のものに対しては高い正の選択性を示した．

以上の結果から，港内に分布する尾叉長45㎜前後のサケ稚魚は，環境中に存在する動物プランクトンのうち体長0.6㎜以上の比較的大型のものを主に食べ，ハルパクチクス類については，体長0.9㎜以上の大型のものを選択的に食べているものと推察される．

考　　察

桂恋港では，1980年以来毎年サケ稚魚の観察を行ってきたが，例年，4月下旬頃からサケ・マス稚魚が出現し始め，その後，5月上旬から中旬にかけて，港内に分布する稚魚の数が増加する傾向が認められた．また，ここで示した港内での稚魚の分布域の変化も毎年観察された．そして，本文には示さなかったが，港内に滞留する稚魚の主群が港外へ移動したと推測された時期は，1980年は5月21日頃，1981年は5月21日頃，1982年は6月8日頃，1983年は6月1日頃であり，年によって若干異なる傾向が認められた．従って，桂恋港では，普通は5月下旬～6月上旬頃に主群が港外へ移動するものと考えられる．

一方，前述のように，桂港港および昆布森港に早い時期に出現したサケ・マス稚魚は，尾叉長3～4㎝程度の小型魚が大部分であり，釧路川に放流された稚魚との関連が推察された．とくに，カラフトマス稚魚は釧路川で4月15日～30日に放流されたものであり，その一部とみられるものが調査を始めた4月26日の時点で桂恋港にすでに多数分布していた．このことは，サケ・マス稚魚は釧路川に放流された後，一部のものは速やかに降海して，かなり早い時期にごく岸ぞいに移動することを示唆している．

今回の調査の結果，港に入り込んだサケ稚魚は港内におよそ1カ月間ほど滞留し，尾叉長でほぼ45㎜以上になった頃港外へ移動を始めることが示唆された．また，港内での滞留期間中に摂餌を行って僅かながら成長することが推察された．さらに，港内で採集されたサケ稚魚の最大尾叉長は，昆布森港で66㎜，桂恋港で76㎜であったことから（Table 1），何らかの理由で移動が遅れた稚魚も尾叉長70㎜前後に達する頃までにすべて港外へ出るものと考えられる．

一方，昆布森港では一時的にせよ最大約20万尾の稚魚が港内に滞留していた．これだけ多数の稚魚が尾叉長45㎜程度に成長するまでの間，約1カ月間港内に滞留すると仮定すると，環境中の餌の量が稚魚の成長や生存にとって十分かどうか大きな問題となるであろう．ここで，瞬間成長係数および胃内容物重量指数を目安にして港内に滞留する稚魚の栄養状態を類推すると，試算されたサケ稚魚の港内滞留期間における体重の瞬間成長係数0.0219～0.0283，日間増重率2.2～2.9%という値は，LeBrasseur[58]が飼育実験より得た日間増重率2.2～5.7%（平均4.5%）と比べると最低の水準に属し，より大型の稚魚をも含めたこれまでの野外調査の知見[59]と比べてみても，それらの50～70%程度の水準でしかない．また，多数の稚魚が港内に分布していた5月上旬～6月上旬頃の稚魚の胃内容物重量指数は2前後であり（Fig. 13），この値は，これまでの飼育実験による飽食量の値5～17[60,61]，および野外調査の知見，例えば，臼尻港での平均3.8[61]や，宮古湾での飽食量の値5.4[62]に比べてかなり低い値である．さらに，稚魚1尾当たりの胃内容物中の餌生物の個体数（Fig. 14）においても，5月上旬～6月上旬の値は20個体／尾前後で極めて少ない．以上のことから，少なくとも5月上旬～6月上旬頃に昆布森港に滞留したサケ稚魚を取り巻く栄養生態学的条件は非常に厳しかったことが推察される．しかし，これは昆布森港に一時的に極めて多数の稚魚が滞留したことも一因と考えられる．

次に，稚魚の港外への移動と海況条件との関連について考えると，稚魚がまとまって港内から離脱した6月上旬～中旬頃の表面水温は7～9℃前後で，これまで稚魚の分布する水温条件の上限と言われている13℃[27]，15℃[4,63]，あるいは17℃[23]に比べるとかなり低い．表面水温は8月上旬頃になってようやく15℃に達した（Fig. 8）．また，表面塩分は，4月下旬～7月上旬は32‰前後で比較的安定しており，大きな変化が見られなかった．従って，水温条件あるいは塩分条件の変化が稚魚の港外への移動を促した主要な要因とは考え難い．しかし，サケ稚魚が両港の港内から完全に姿を消した7月中旬～下旬の表面水温は13～15

℃であり（Fig. 8），上述の値とほぼ一致したことから，一定値以上の水温の上昇が，遅くまで港内に残った稚魚の港外への移動を促した可能性は十分ある．

さらに，稚魚の港外への移動と餌料条件との関連について考えると，稚魚の主な餌であるハルパクチクス類の量は稚魚が減少した6月中旬以降に増加傾向を示し，稚魚が港内から姿を消した8月上旬に一つの大きなピークを示した（Fig. 9）．また，稚魚の摂餌量は稚魚の分布量が最低を示した7月中旬に多かった（Figs. 13, 14）．これらの結果は，餌の量の不足と稚魚の港外への移動の間には直接的な関連がないことを示しているようにもみえる．しかし，前述したように，5月上旬～6月上旬は稚魚の胃内容物重量指数が低く，慢性的な餌不足の状態にあったとも推察されることなどを考慮すれば，餌不足が稚魚の港外への移動の重要な要因の一つになっていると考えられる．一方，前述したように，港内には比較的小型の餌が多いにもかかわらず（Fig. 17 (A)），サケ稚魚は港内において，より大型のハルパクチクス類やヨコエビ類を選択的に食べていたこと（Tables 6, 7），および港外へ移動中と思われる稚魚が魚類稚仔やオキアミ類等の大型の餌生物を食べており（Fig. 16），摂餌量も多かったこと等を考え合わせると，稚魚の餌料要求は常により大型の餌をより多く食べることにあるように推察される．このことに関連して，LeBrasseur[58] は尾叉長37～44㎜のサケ稚魚を用いて餌の大きさに対する選択性を調べ，小型の餌と大型の餌が一緒に存在する場合，小型の餌が豊富でも稚魚は大型の餌を選択的に摂餌することを明らかにした．

以上の結果から，稚魚の成長に伴う摂餌欲求の増大と，港内の餌不足，とくに大型の餌が少ないという餌料条件が，一定の大きさに達した稚魚の港外への移動の主な要因になっているものと推察される．また，移動が遅れた稚魚にとっては，水温の上昇が港外への移動の要因になっている可能性がある．

第2章　釧路沿岸におけるサケ稚魚の出現と海況および餌料条件

尾叉長5㎝以上に成長したサケ稚魚は小港や渚帯等の沿岸の浅所を離れ，徐々に沖合に向かって生活域を拡大して行くものと推測される．ここでは，道東の釧路沿岸の距岸3～11㎞に3定点を設定して，サケ稚魚の出現の時期的変化を調べるとともに，海洋観測およびプランクトン調査を行い，得られた調査結果に基づき稚魚の出現と海況および餌料条件との関連について検討する．なお，これまで，釧路沿岸における稚魚の分布に関しては，ごく沿岸での分布時期についての知見[23] があるに過ぎない．

材料および方法

調査海域および調査地点を Fig. 18 に示した．釧路港の沖合に Stn. A（42°57.5′N, 144°20.0′E, 水深20m，距岸3㎞），Stn. B（42°55.0′N, 144°20.0′E, 水深50m，距岸7㎞）および Stn. C（42°52.5′N, 144°20.0′E, 水深180m，距岸11㎞）の3定点を設定した．各地点において，1984年の4月中旬～8月上旬および1985年の5月中旬～8月上旬の期間に，調査船探海丸（北水研所属，新船，157トン）を用いて，1回1～2日間にわたるサケ稚魚の分布調査を計12回，海洋観測を計20回，プランクトン採集を計19回実施した．さらに，1985年の7月5日～6日に，Stn. D（42°55.0′N, 144°15.0′E, 水深50m，距岸9㎞）を設定し，3時間間隔で24時間にわたり，サケ稚魚の採集を行った．

稚魚の分布調査では夜間に集魚灯（サンマ用，1 kW×4）を30分間点灯し，灯下に蝟集した稚魚を1人でタモ網（口径40㎝，目合10㎜，柄の長さ4m）または釣り（チカ釣り用擬餌鉤）によって採集した．そして，集魚灯点灯30分間当たりの稚魚の目視数および採集尾数を稚魚の分布密度の相対値と考えた．ただし，場合によっては30分間の調査を延長して稚魚の採集を行った．また，1985年の24時間調査では昼間

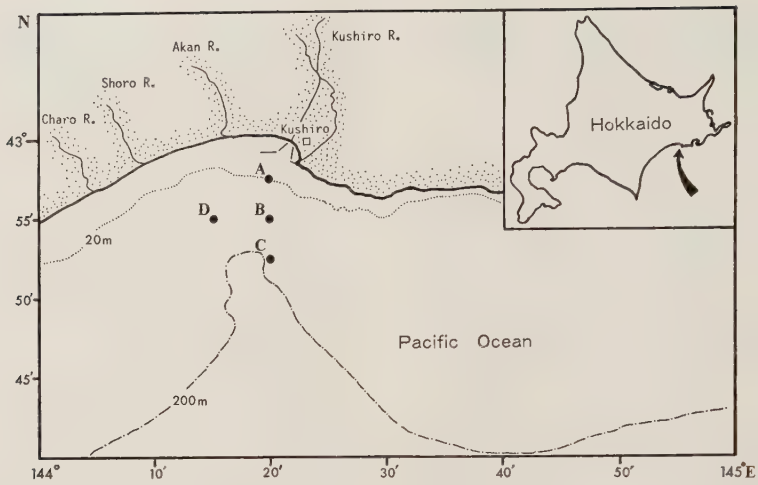


Fig. 18. 1984年および1985年の釧路沿岸におけるサケ稚魚の調査地点
Juvenile chum salmon survey stations in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

にまき網（構造上は曳網に近い，浮子方長さ117m，最大網丈14m，袋網長さ5m，魚捕部目合10㎜，締括環付き）を用いて稚魚の採集を行った．

採集した稚魚は胃内容物の吐瀉を防ぐため，船上で窒息死させた後，約10%の海水ホルマリン液で固定した．上記の調査によって採集した稚魚の総数は569尾であった．稚魚は研究室に持ち帰った後，尾叉長，体重および胃内容物の測定を行った．胃内容物は，多毛類，枝角類，貝虫類，橈脚類，アミ類，クマ類，ヨコエビ類，クラゲノミ類，オキアミ類，エビ類幼生，カニ類幼生，尾虫類，昆虫類，魚類稚仔，およびその他の15項目に分類し，それぞれの個体数と湿重量を計測した．

海洋観測では表面の水温，塩分の測定ならびにナンセン採水器による各層の採水，測温を行った．表面水温は表面採水器で採水した海水を棒状温度計を用いて測温し，塩分は試水を採水びんに入れて研究所に持ち帰り，Auto-Lab 塩分計を用いて測定した．プランクトンの採集は昼間に行い，MTD ネット（口径56cm，側長170cm，ニップ60，袋網 NGG 54，目合0.33㎜）および NORPAC ネット（北太平洋標準ネット，口径45cm，側長180cm，NGG 54，目合0.33㎜）を使用した．MTD ネットは船速2ノットで，5分間の表層水平びきを行った．NORPAC ネットは Stn. A では海底から，また，その他の地点では水深30m からの鉛直びきを行った．採集したプランクトンは，約10%の海水ホルマリン液で固定し，研究室に持ち帰った後，胃内容物の所で述べた分類群にさらにオキアミ類幼生，ヘラムシ類，ヤムシ類，クラゲ類，ウキマイマイ類，および魚卵を加えた計21項目に区分し，それぞれの個体数および湿重量を計測した．なお，個体数の多い分類群についてはフォルサム式の分割器を用いて分割した後，個体数を計数し，ひき網当たりの個体数に換算した．また，各ネットには濾水計を取り付けなかったため，ネットの濾水率を100%と仮定して，ネットの口径とワイヤ長あるいはひき網距離から濾水量を推定し，これから1㎥当たりのプランクトンの個体数および湿重量を計算した．

結　　果

1. 稚魚の分布密度の時期的変化

サケ稚魚の調査日別，地点別の採集結果を Table 8 に，また，各調査日における集魚灯点灯30分間当たりの稚魚の目視数および採集尾数（CPUE）の変化を Fig. 19 に示した．ただし，図中の目視数はA，B，C，3地点の合計値を表わし，また，CPUE は3

Table 8. 1984年および1985年に釧路沿岸で採集されたサケ稚魚の個体数と尾叉長範囲. F＆S：タモ網（集魚灯），F＆A：釣り（集魚灯），P. S.：まき網
Number and size of juvenile chum salmon collected in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Date	Station*	Time	Method**	No. of fish collected	No. of fish observed	Range of fork length(cm)
May 12, 1984	A	20:00-20:30	F&S	0	0	—
	B	20:50-21:20	F&S	0	0	—
	C	21:40-22:10	F&S	0	0	—
May 24-25	A	0:00- 0:30	F&S	7	11	4.6- 6.4
	B	23:00 23:30	F&S	0	0	—
	C	22:08-22:38	F&S	0	0	—
June 25-26	A	0:00 - 0:30	F&S	9	23	4.9- 6.9
	B	23:20-23:40	F&S	8	10	5.4- 7.1
	C	21:00 21:30	F&S	0	0	—
July 5	A	22:45-23:15	F&A	65	1,000	8.4-11.7
	B	21:00-21:30	F&A	62	600	10.7-12.5
	C	20:00 20:30	F&S	0	1	—
July 10-11	A	22:40-23:10	F&S	24	50	9.2-12.1
	B	23:55- 0:25	F&S	5	20	9.9-11.7
	C	1:15 - 1:45	F&A	6	12	10.2 11.3
July 20	A	20:45-21:15	F&S	6	16	7.6- 8.9
	B	21:45-22:15	F&S	4	9	8.3- 9.6
	C	22:30-23:00	F&S	2	7	8.5- 9.1
August 10	A	19:45-20:15	F&S	0	0	—
	B	20:30-21:00	F&A	5	13	7.6- 9.4
	C	21:30-22:00	F&S	0	0	—
May 13, 1985	A	20:00-20:30	F&S	0	0	—
	B	20:45-21:15	F&S	0	0	—
	C	21:30-22:00	F&S	0	0	—
June 21	A	20:15-20:45	F&A	11	100	11.3-12.5
	B	21:06-21:36	F&A	0	1	—
	C	22:18-22:48	F&A	0	7	—
July 5	D	14:00-14:30	P.S.	31	—	8.6-10.2
	D	17:00-17:30	P.S.	9	—	9.3-10.7
	D	20:30-21:00	F&S	23	—	4.7- 9.5
	D	21:00-21:30	F&S	21	—	4.8- 9.9
	D	22:00-22:30	F&S	3	—	8.5- 9.2
July 6	D	23:40- 0:10	F&S	6	—	7.5-11.3
	D	2:10- 2:40	F&A	14	—	9.0-10.7
	D	3:00- 3:30	F&A	4	—	9.4-10.0
	A	21:50-22:20	F&A	7	60	6.5- 9.7
	B	20:50-21:20	F&A	0	0	—
	C	20:00-20:30	F&A	0	3	—
July 27	A	22:00-22:30	F&A	24	50	7.8- 9.5
	B	20:45-21:15	F&A	0	2	—
	C	20:00-20:30	F&A	0	0	—
August 5	A	21:35-22:05	F&S	0	3	—
	B	20:45-21:15	F&S	1	2	9.3
	C	20:00 20:30	F&S	0	0	—
Total	A			153	1,313	4.6-12.5
	B			85	657	5.4-12.5
	C			8	30	8.5-11.3

* See Fig. 18.

** F&S: Spoon net operated under fish lamp lighting at night, F&A: Angling operated under fish lamp lighting at night, P. S.: Purse seine operated in day.

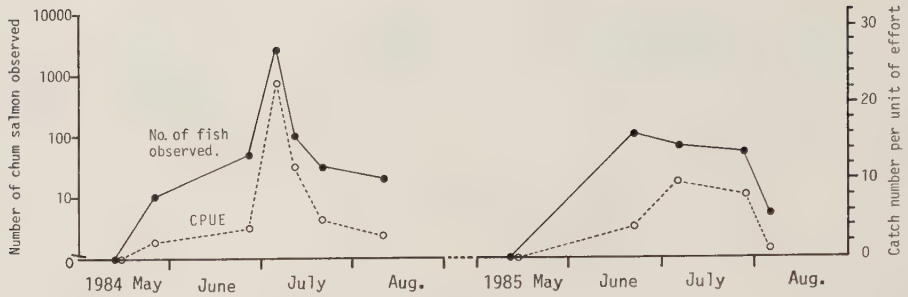


Fig. 19. 1984年および1985年の釧路沿岸における集魚灯点灯30分間当たりのサケ稚魚の目視数（黒丸）およびCPUE（白丸）の時期的変化
Seasonal changes in observed numbers (closed circles) and CPUE (open circles) of juvenile chum salmon in half-hour fish lamp samplings in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

地点の平均値で示した．これによると，サケ稚魚は，1984年には5月25日から8月10日の調査期間に，また，1985年には6月21日から8月5日の調査期間に出現した．とくに，1984年7月5日と1985年6月21日には多数の稚魚が灯下に出現し，30分後には数百尾の群れとなって水面下約0.2～1mの所を旋回しながら遊泳するのが観察された．稚魚の分布密度の相対値と考えられる目視数とCPUEは，1984年の場合よく似た変化傾向を示し，5月下旬から6月上旬にかけて増加し，7月上旬をピークにして7月中旬以降減少した．また，1985年の場合目視数とCPUEは必ずしも一致しないが，目視数は6月下旬頃をピークにしてその後減少した．

以上の結果から，当海域ではサケ稚魚は5月下旬頃から出現し始め，年によって若干異なるが，その分布密度は毎年6月下旬～7月上旬頃に最も多くなり，その後減少して遅いものは8月上旬頃まで分布するものと推察される．

一方，今回の調査では，サケ稚魚の採集に払った努力量は地点間で差はなかったが，地点別の目視数の合計値はStn. Aで1,313尾，Stn. Bで657尾，Stn. Cで30尾であり，また，地点ごとの採集尾数の合計値はStn. Aで153尾，Stn. Bで85尾，Stn. Cで8尾であった（Table 8）．従って，地点別に見れば，稚魚の目視数および採集尾数は共に岸寄りのStn. Aで最も多く，Stn. Bがそれに次ぎ，沖合寄りのStn. Cで最も少ない傾向が認められた．これらの結果から，サケ稚魚の分布密度は岸寄りほど高いものと推察される．

Table 9. 1984年および1985年に釧路沿岸で採集されたサケ稚魚の尾叉長組成
Size composition of juvenile chum salmon collected in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Fork length (cm)	Year Date	1984 May 25	June 25-26	July 5-6	July 10-11	July 20	August 10	1985 June 21	July 5-6	July 27	August 5	Total
4- 5		2	1						4			7
5- 6		3	8						15			26
6- 7		2	9						13			24
7- 8			2			2	1		4	1		10
8- 9				9		7	5		13	19		53
9-10				37	11	4	7		54	4	1	118
10-11				73	29				14			116
11-12				153	22			10	1			186
12-13				26	1			1				28
13-14				1								1
Total		7	20	299	63	13	13	11	118	24	1	569

2. 稚魚の大きさの時期的変化

採集日ごとの尾叉長組成を Table 9 に示した．採集された稚魚の尾叉長範囲は4.6～13.1cmであり，8cm以上の個体が全体の88%を占めた．1984年の5月24日～25日および6月25日～26日には尾叉長4～7cmの小型個体が採集されたのに対して，7月5日および7月10日～11日には尾叉長8～13cmの大型個体が採集された．さらに，7月20日および8月10日には前の時期より若干小型の尾叉長7～9cmの個体が採集された．また，1985年の6月21日には尾叉長11～12cmの大型個体が採集され，7月5日～6日，7月27日および8月5日にはそれより小型の尾叉長4～10cmの個体が採集された．

1984年の7月5日～6日および7月10日～11日と1985年の6月21日に採集された大型個体は，尾叉長組成の時期的変化からみて，その前後の時期に採集された小型個体とは明らかに異なり，釧路沿岸で放流された稚魚が成長したものとは考え難く，他海域より移動してきたものである可能性が強いと考えられる．

3. 表面水温および表面塩分の時期的変化

サケ稚魚は後述するように表層近くで生活すると考えられるので，海況条件としては表面の水温と塩分を取り上げた．Stn.A～C 3地点における表面水温と表面塩分の範囲およびその平均値の時期的変化を Fig. 20 に示した．表面水温は1984年の場合，調査を始めた4月下旬には0.7℃前後を示したが，その後，季節的経過とともに昇温し，サケ稚魚の出現が確認された5月下旬には5～6℃を示した．また，稚魚の分布密度が最大となった7月上旬には11～13℃（平均12℃）を示し，さらに，最後に観測した8月上旬には17℃前後に達した．1985年は，稚魚の分布密度が最大となった6月下旬には10～12℃を示し，7月中旬には一時的に10℃前後まで降温したが，その後再び昇温し，8月上旬には13～14℃に達した．地点別の水温は，各地点とも類似した時期的変化を示したが，最も岸寄りの Stn. A が他の2地点に比べて常に高く，岸寄りほど高い傾向がわずかに認められた．

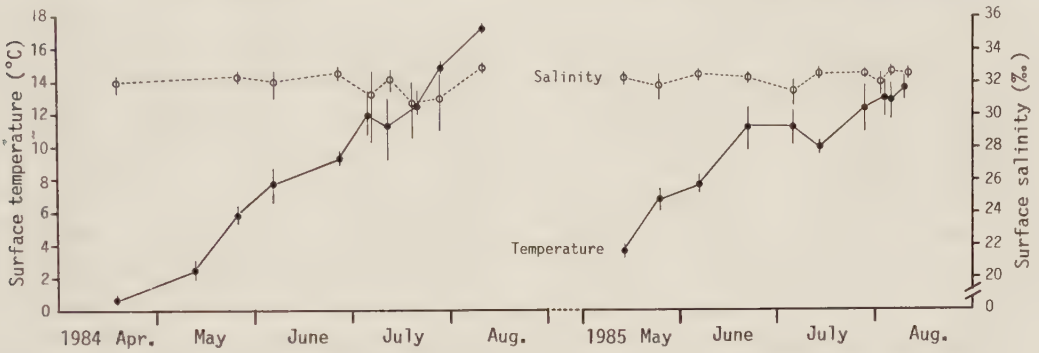


Fig. 20. 1984年および1985年の釧路沿岸における表面の水温（黒丸）および塩分（白丸）の時期的変化．縦線は範囲
Seasonal changes in surface temperature (closed circles) and salinity (open circles) in waters near Kushiro in 1984 and 1985. Circles show mean values and vertical bars indicate the actual range.

一方，表面塩分は水温に比べて季節的変化が明瞭でなく，1984年は30.6～32.8‰，また，1985年は31.4～32.6‰の範囲で変動した．地点間では最も岸寄りの地点である Stn. A が他の地点と比較して塩分が低い傾向が認められ，また，変動幅も大きかった．

4. 動物プランクトン現存量の時期的変化

NORPAC ネットの鉛直びきによる下層（水深30m以浅層）の動物プランクトンの調査日別，地点別の採集結果を現存量（湿重量，mg/m³）で Suppl. table 4 に，また，推定された動物プランクトンの現存量の時期的変化を3地点の平均値で Fig. 21 に示した．これによると，プランクトンの現存量は，1984年には6～575 mg/m³，また，1985年には6～1,140mg/m³の範囲で変化した．プランクトン現存量の時期的変化の傾向は1984年と1985年とでは若干異なった．すなわち，1984年は5月中旬以降増加し，5月下旬頃をピークにしてその後減少傾向を示したが，6月下

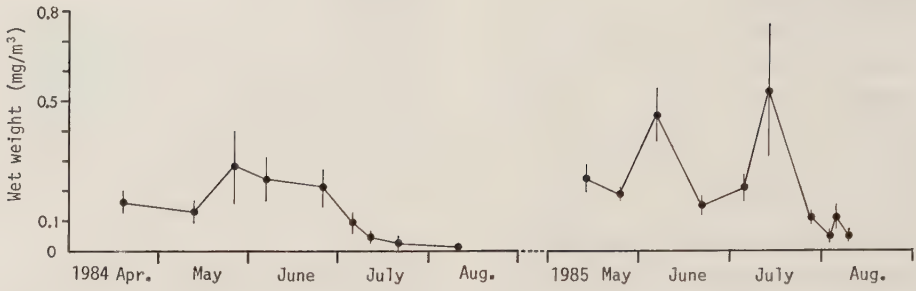


Fig. 21. 1984年および1985年に釧路沿岸において NORPAC ネットの鉛直びきにより推定された下層（30m以浅層）の動物プランクトン現存量の時期的変化．黒丸は平均値，縦線は範囲
Seasonal changes in zooplankton biomass in the upper 30m water column, estimated from vertical hauls with a NORPAC net in waters near Kushiro in 1984 and 1985. Closed circles are mean values and vertical bars the actual range.

旬頃までは比較的高い値を示した．これに対し，1985年には二つの峰が認められ，6月上旬頃に一旦増加した後，6月下旬には減少し，7月上旬から中旬にかけて再び増加した後急激に減少した．しかし，両年とも8月上旬頃に最も低い値を示したことでは一致した．

一方，地点別にみると，1984年の Stn. A では5月25日に 575mg/m³，Stn. B では6月6日に 379mg/m³，そして，Stn. C では6月25日に 181mg/m³とそれぞれ最大値を記録した（Suppl. table 4）．また，1985年の Stn. A では6月6日に 705mg/m³，Stn. B では7月5日に 353mg/m³，そして，Stn. C では7月13日に 1,140mg/m³ とそれぞれ最大値を記録した．このように，プランクトンの現存量がピークを示した時期は岸寄りの地点ほど早く，沖合寄りほど遅い傾向が認められた．

同様に，MTD ネットの水平びきによる表層の動物プランクトンの調査日別，地点別の採集結果を現存量で Suppl. table 5 に，また，動物プランクトン現存量の時期的変化を3地点の平均値で Fig. 22 に示した．これによると，表層のプランクトン現存量は1984年には1～759mg/m³，また，1985年には1～1,241mg/m³の範囲で変化した．プランクトン現存量の時期的変化には，一つの峰が認められ，1984年は5月下旬頃に一旦減少した後増加し，7月上旬頃をピークにして急激に減少した．また，1985年は5月下旬頃に一旦減少した後増加し，6月下旬頃をピークにして減少した．両年のピークを示した時期は1旬程度ずれたが，時期的変化の傾向は比較的よく一致しているように見受けられた．これらの時期的変化の傾向は上述の NORPAC ネット採集による下層のプランクトン現存量の時期的変化の傾向と必ずしも一致しなかった．しかし，地点別の現存量の時期的変化においては，上述の NORPAC ネットの採集結果にみられたような，現存量のピークを示す時期が岸寄りの地点が

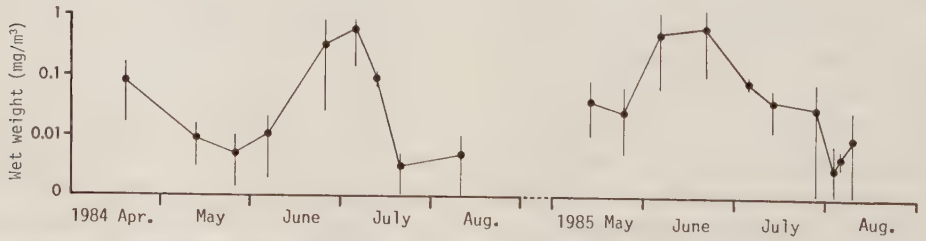


Fig. 22. 1984年および1985年に釧路沿岸において MTD ネットの水平びきにより推定された表層の動物プランクトン現存量の時期的変化．黒丸は平均値，縦線は範囲
Seasonal changes in zooplankton biomass in the surface layer, estimated from horizontal tows with a MTD net in waters near Kushiro in 1984 and 1985. Closed circles are mean values and vertical bars the actual range.

早く沖寄りの地点が遅いという傾向がわずかに認められた（Suppl. table 5）.

以上の結果から，動物プランクトンの現存量は表層と下層および調査地点により若干差があるが，おおよその傾向として5月下旬頃から7月上旬にかけて増大し，7月中旬以降に減少するものと推察される．一方，現存量がピークを示す時期が岸寄りほど早いという現象は，岸寄りの浅所ほど昇温が早いことと何らかの関連があるものと推測される．

5. 動物プランクトン組成の時期的変化

Stn. A において NORPAC ネットで採集されたプランクトンの分類群別の個体数組成を調査日ごとに Suppl. table 6 に示した．NORPAC ネット採集による下層の動物プランクトンの個体数組成では，少数の例外を除けば，調査期間を通じて橈脚類が最も高

Fig. 23. 1984年および1985年に釧路沿岸で採集されたサケ稚魚の胃内容物の出現率（A）および体積組成（B）
Food organisms in the stomachs of juvenile chum salmon collected in waters near Kushiro in 1984 and 1985. (A) : occurrence, (B) : volume.

い割合を占め，ほぼ53～99%の値を示した．ただし，1984年の8月10日は枝角類が44%と最も高く，橈脚類は41%でそれより低かった．また，1984年7月5日と1985年7月27日には尾虫類がそれぞれ32%，41%と橈脚類に次いで高い値を示した．その他の分類群の個体数組成に占める割合は総じて低かった．Stn. BおよびStn. Cにおける NORPAC ネット採集の結果においても傾向はほぼ同じであった．

同様に，Stn. A で MTD ネットにより採集されたプランクトンの分類群別の個体数組成を Suppl. table 7 に示した．MTD ネット採集による表層の動物プランクトンの個体数組成では，NORPAC ネットによる採集結果と同様に，少数の例外を除けば，全調査期間を通じて橈脚類が最も高い割合を占め，ほぼ50～99%の値を示した．ただし，1984年7月5日はカニ類幼生が65%，同年8月10日は魚卵が45%，昆虫類が33%と高く，また，1985年6月21日はカニ類幼生が84%，同年8月3日は多毛類が85%と，橈脚類より高い値を示した．その他の分類群では，カニ類幼生が6月下旬～7月上旬頃に，尾虫類が7月頃に，また，昆虫類と枝角類が8月頃にそれぞれ個体数組成に占める割合が高くなる傾向が認められた．Stn. BおよびStn. CにおけるMTDネット採集の結果においてもほぼ同様の傾向が認められた．

6. 胃内容物組成の時期的変化

調査日ごとに Stn. A～C で採集したサケ稚魚を込みにし，胃内容物の調査結果を餌生物群の出現率および体積組成で Fig. 23 に示した．ただし，体積組成は各餌生物の比重が等しいと仮定して，重量組成から求めた．これによると，出現率（Fig. 23(A)）でみると，1984年の場合，5月24日～25日はエビ類幼生が胃内容物中に最も高い頻度で出現し，次いで橈脚類の出現率が高かった．6月25日～26日は橈脚類の出現率が最も高く，エビ類幼生がそれに次いだ．7月5日～6日は橈脚類の出現率が最も高く，カニ類幼生および昆虫類がそれに次いだ．7月10日～11日はカニ類幼生の出現率が最も高く，オキアミ類がそれに次いだ．7月20日は橈脚類の出現率が最も高く，ヨコエビ類がそれに次いだ．8月10日は昆虫類の出現率が最も高かった．また，1985年の場合，6月21日は橈脚類の出現率が最も高く，カニ類幼生および魚類稚仔がそれに次いだ．7月6日は橈脚類の出現率が最も高く，クラゲノミ類がそれに次いだ．7月27日はクラゲノミ類の出現率が最も高く，橈脚類がそれに次いだ．また，図には示さなかったが，8月5日は橈脚類，クラゲノミ類および昆虫類が出現した．一方，体積組成（Fig. 23(B)）でみると，上述の出現率でみた場合と順位が入れ替わっているものがあるが，上位を占める餌生物群の種類には大きな変化は認められなかった．

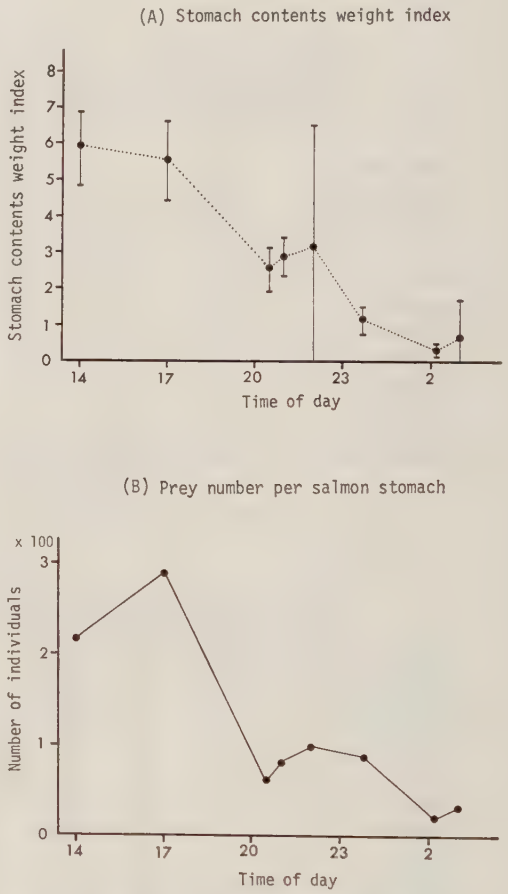


Fig. 24. 1985年7月5日～6日に釧路沿岸で採集されたサケ稚魚の胃内容物重量指数（A）と稚魚1尾当たりの餌生物の摂餌個体数の時間的変化（B）．黒丸は平均値，縦線は95%信頼区間
Diel changes in stomach contents weight index and prey numbers per stomach of juvenile chum salmon collected in waters near Kushiro on July 5-6, 1985. Closed circles are mean values and vertical bars the 95% confidence intervals.

同様に，胃内容物中の餌生物群の個体数組成を Suppl. table 8 に示した．これによると，サケ稚魚の胃内容物は調査日によってかなり異なっており，橈脚類，エビ類幼生，カニ類幼生，昆虫類，およびクラゲノミ類を比較的数多く食べていた．

以上の結果から，サケ稚魚は年によりまた時期により若干異なるが，橈脚類，カニ類幼生，昆虫類，魚類稚仔，およびクラゲノミ類等をよく摂餌するものと推察される．また，橈脚類はどの時期にも高い頻度で胃内容物中に出現するのに対して，カニ類幼生は6～7月の特定の時期にのみ高い頻度で出現したことが特徴的であった．

7. 摂餌の日周期的変化

1985年の Stn. D における24時間調査で採集されたサケ稚魚の胃内容物重量指数の時間的変化と稚魚1尾当たりの胃内容物中の餌生物の個体数の時間的変化を Fig. 24 に示した．これによると，14時および17時には胃内容物重量指数がそれぞれ5.9および5.5で比較的高い値を示した．20時以降は減少傾向を示し，23時40分には1.2となり，さらに，2時10分には0.3と最低値を示した．また，稚魚1尾当たりの餌生物の摂餌個体数の時間的変化は，14時と17時に採集された稚魚では217～290個体／尾で比較的多かったが，時間の経過とともに減少し，20時30分には63個体／尾，さらに，2時10分には11個体／尾となった．

以上の結果から，サケ稚魚は昼間に摂餌し，夜間はほとんど摂餌しないと考えられる．なお，夜間に集魚灯下で採集された稚魚の中には灯下で摂餌したと思われる個体が僅かにみられた．

8. 胃内容物組成とネット採集動物プランクトン組成の類似性

胃内容物組成とネット採集プランクトン組成との類似性をみるために，第1章で述べた Kimoto の $C\pi$ 指数を計算した．サケ稚魚の胃内容物組成と Stn. A の NORPAC ネット採集による下層のプランクトン組成および MTD ネット採集による表層のプランクトン組成をそれぞれ比較し，$C\pi$ 指数の計算結果を Table 10 に示した．これによると，胃内容物組成とネット採集のプランクトン組成との類似度は，0.003～0.971 の範囲で調査日によってかなり異なり，両ネット間では似た傾向を示すが，MTD ネットの組成の方がわずかに類似度が高い傾向がみられた．

次に，サケ稚魚の主要な餌となっていた橈脚類，エビ・カニ類幼生，クラゲノミ類，昆虫類等の生物群の MTD ネット採集による分布密度の時期的変化（Fig.

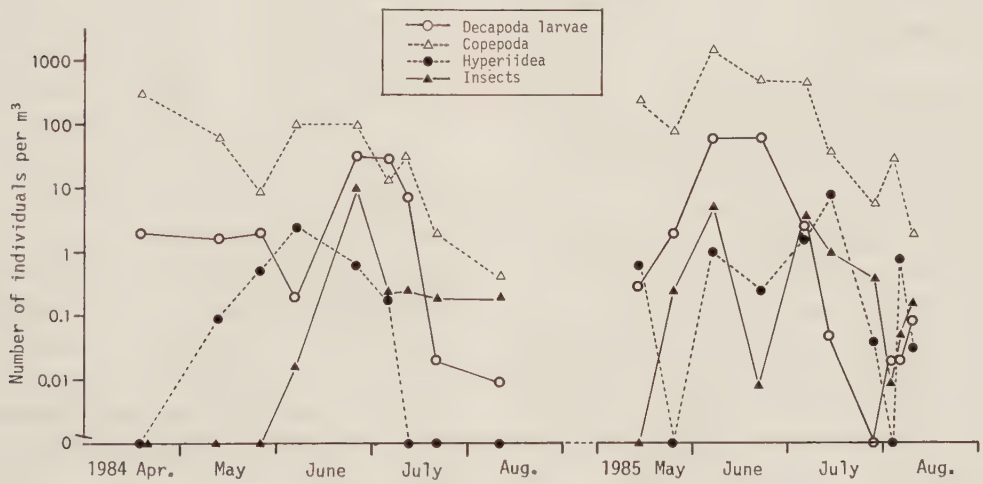


Fig. 25. 1984年および1985年に釧路沿岸で MTD ネットにより採集されたサケ稚魚の主要餌料動物プランクトンの環境中における密度の時期的変化
Seasonal changes in density of main food organisms of juvenile chum salmon by MTD net samplings in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

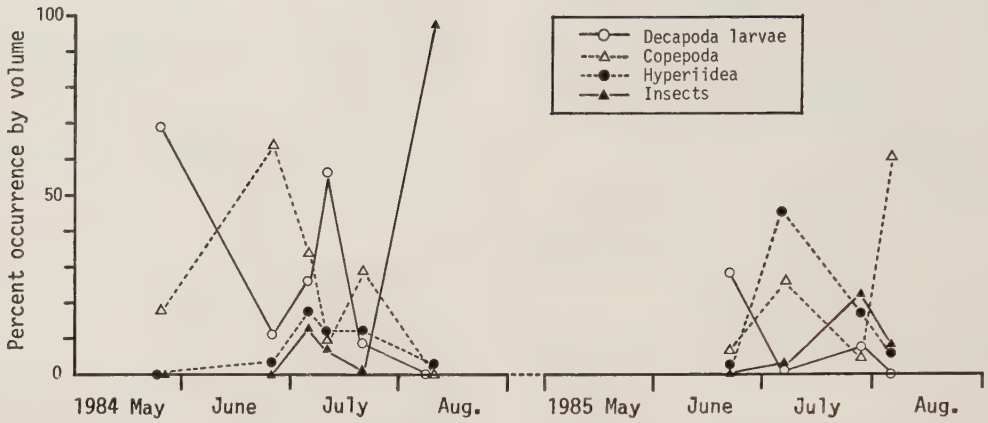


Fig. 26. 1984年および1985年に釧路沿岸で採集されたサケ稚魚の胃内容物中における主要餌生物の体積率の時期的変化
Seasonal changes in percentage occurrence of main food organisms by volume in the stomachs of juvenile chum salmon collected in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

25) と当該生物群の胃内容物中における体積率の時期的変化 (Fig. 26) を比較すると，カニ類幼生やクラゲノミ類は環境中で分布密度が高い時期に胃内容物中での体積率も高くなっており，両者の間には一定の対応があるようにみられる．

以上の結果から，サケ稚魚は比較的表層近くで摂餌を行っている可能性が強いものと推察される．一方，$C\pi$ 指数が 0.003 あるいは 0.084 と極めて低い値を示した日もあったが，この原因としては，稚魚が選択的な摂餌を行った場合や，プランクトンの採集地点と異なる場所で摂餌を行った場合などが考えられる．

9. 餌生物の種類に対する摂餌選択性

前述したように，MTD ネット採集による表層の動物プランクトン組成とサケ稚魚の胃内容物組成を比較した場合，若干の類似性が認められた．ここではさらに調査日ごとの稚魚の胃内容物組成 (Suppl. table 8) と Stn. A での MTD ネット採集による表層のプランクトン組成 (Suppl. table 7) を比較し，餌生物の種類に対する稚魚の摂餌選択性について検討した．これによると，餌生物群の個体数組成では1984年の場合，6月25日～26日には橈脚類がネット採集プランクトンの 99% を占め，胃内容物中でも 80% を占めていた．7月5日～6日にはカニ類幼生がネット採集プランクトンの 65% を占め，胃内容物中でも 21% を占めていた．また，8月10日には昆虫類がネット採集プランクトンの 33% を占め，胃内容物中でも 99% を占めていた．さらに，1985年の場合，6月21日にはカニ類幼生がネット採集プランクトンの84%を占め，胃内容物中でも 47% を占めていた．7月5日～6日および27日には橈脚類がネット採集プランクトンの 50～75% を占め，胃内容物中でも 46～65% を占めていた．このような餌生物群の個体数組成の単純な比較から，稚魚が環境中に多い餌を多く摂餌していることが伺える．

Table 10. 釧路沿岸で採集されたサケ稚魚の胃内容物組成とプランクトンネット採集の動物プランクトン組成より計算した KIMOTO の $C\pi$ 指数
KIMOTO's $C\pi$ indices of similarity, calculated by the composition of stomach contents of juvenile chum salmon and plankton samples collected in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Year	Date	NORPAC net	MTD net
1984	May 24-25	0.496	0.523
	June 25-26	0.970	0.971
	July 5-6	0.606	0.497
	July 10-11	0.269	0.311
	July 20	0.598	0.694
	August 10	0.003	0.084
1985	June 21	0.347	0.776
	July 5-6	0.728	0.885
	July 27	0.681	0.779

次に，MTD ネット採集のプランクトンおよび胃内容物の個体数組成から第1章で述べた IVLEV の選択性指数を求め Table 11 に示した．これによると，選

Table 11. 1984年および1985年に釧路沿岸のA地点で採集されたサケ稚魚の胃内容物組成と MTD ネット採集の動物プランクトン組成より計算した IVLEV の選択性指数
IVLEV electivity values for food organisms of juvenile chum salmon, calculated by the composition of stomach contents and MTD net samples collected at station A in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Organisms	Year 1984 Date May 24-25	June 25-26	July 5-6	July 10-11	July 20	August 10	1985 June 21	July 5	July 27
Copepoda	-0.43	-0.09	-0.23	-0.72	-0.44	-1.00	0.18	0.13	-0.24
Natantia larvae	0.96	0.98	-1.00	0.65	0.68				1.00
Brachyura larvae	-1.00	0.79	0.99	0.99				-0.99	1.00
Anomura larvae							1.00		1.00
Isopoda	-1.00					-1.00			
Gammaridea	0.96	0.97	1.00	1.00	0.99	-1.00		-0.56	0.99
Hyperiidea		0.62	0.98	1.00	0.95	1.00	0.99	0.99	0.99
Euphausiacea	-1.00		0.67	0.88	1.00		1.00	1.00	1.00
Mysidacea				1.00				1.00	1.00
Cumacea	-1.00		0.92					1.00	
Ostracoda			-1.00	0.78			1.00		0.66
Cladocera				0.98					0.54
Appendicularia			-0.70	-1.00					-1.00
Polychaeta				0.95	-1.00				0.23
Sagittoidea	-1.00	-1.00							
Fish larvae	0.47	0.99	0.94		0.92		0.99		0.42
Fish eggs				-1.00	-1.00	-1.00			
Coelenterata	-1.00		-1.00		-1.00				
Insects	0.93		0.99	0.96	1.00	0.49		-0.99	-1.00

択性指数は橈脚類では −1.00〜0.18 と常に低い値を示した．カニ類幼生では調査日によって選択性指数が −1.00〜1.00 の間で変化した．ヨコエビ類では1984年8月10日と1985年7月5日を除くと，選択性指数が0.96〜1.00と常に比較的高い値を示した．昆虫類では1984年は8月10日を除くと，選択性指数が0.93〜1.00と高い値を示したが，1985年は−1.00〜−0.99と低かった．

以上の結果から，サケ稚魚はヨコエビ類を比較的好んで摂餌しているようにみられるが，特定の餌生物を選択的に摂餌しているとは断定できない．むしろ稚魚は環境中に比較的多く分布する生物群をその密度に応じて摂餌している可能性が強いと考えられる．

10. 餌生物の大きさに対する摂餌選択性

1985年の調査結果を用い，MTD ネッドおよび NORPAC ネットで採集された動物プランクトンの体長組成とサケ稚魚の胃内容物中に出現した餌生物の体長組成を0.5㎜間隔で求め，Fig. 27 に示した．両ネットで採集されたプランクトンの体長組成は同じ傾向

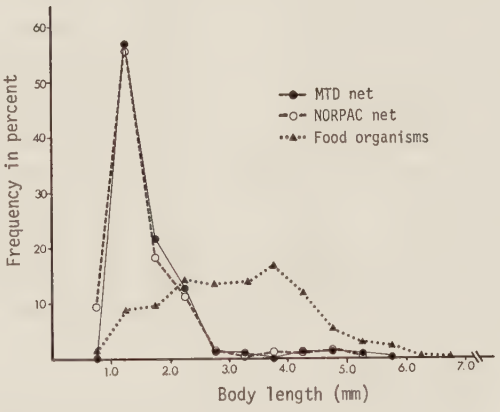


Fig. 27. 1985年に釧路沿岸で MTD ネット（黒丸）および NORPAC ネット（白丸）により採集された動物プランクトンの体長組成と，サケ稚魚の胃内容物中に出現した餌生物の体長組成（黒三角）
Size distribution of zooplankton collected with MTD nets (closed circles) and NORPAC nets (open circles), and food organisms (closed triangles) in the stomachs of juvenile chum salmon collected in waters near Kushiro in 1985.

Table 12. 1985年7月5日に釧路沿岸で採集されたサケ稚魚の胃内容物組成と MTD ネット採集物の組成より計算した餌生物の各体長階級に対する Ivlev の選択性指数

Ivlev electivity values by size of food organisms of juvenile chum salmon, calculated by the composition of stomach contents and MTD net samples collected in waters near Kushiro on July 5, 1985.

Size interval of prey in BL(mm)	Occurrence in stomachs (%)	Occurrence in net samples (%)	Electivity value (E)
0.5 - 1.0	1.632	0.535	0.565
1.0 - 1.5	9.295	58.114	-0.724
1.5 - 2.0	9.423	22.267	-0.405
2.0 - 2.5	13.978	12.916	0.039
2.5 - 3.0	13.182	1.083	0.848
3.0 - 3.5	14.262	0.965	0.873
3.5 - 4.0	15.650	0.108	0.986
4.0 - 4.5	11.558	1.457	0.776
4.5 - 5.0	5.118	1.032	0.668
5.0 - 5.5	2.491	0.614	0.605
5.5 - 6.0	1.664	0.323	0.675
6.0 - 6.5	0.457	0.100	0.641
6.5 - 7.0	0.158	0.179	-0.062
7.0 - 7.5	0.055	0.033	0.375
7.5 - 8.0	0.039	0.029	0.147
8.0 - 9.0	0.000	0.024	-1.000
9.0 - 10.0	0.008	0.022	-0.407
10.0 - 11.0	0.008	0.015	-0.304
11.0 - 12.0	0.047	0.012	0.593
12.0 - 13.0	0.063	0.008	0.775
13.0 - 14.0	0.142	0.002	0.972
14.0 - 15.0	0.110	0.000	1.000
15.0 - 16.0	0.197	0.003	0.975
16.0 - 17.0	0.118	0.002	0.967
17.0 - 18.0	0.071	0.000	1.000
18.0 - 19.0	0.063	0.014	0.636
19.0 - 20.0	0.016	0.014	0.034
20.0 <	0.118	0.130	0.974

を示し，体長1.0～1.5㎜の大きさものが55%以上の高い割合を占めた．これは，各地点で採集された動物プランクトンの中で最も個体数の多かった橈脚類の体長を反映したものである．一方，胃内容物中では体長3.5～4.0㎜の餌生物が16%前後で最も高い割合を占めた．これらのことから，サケ稚魚は環境中の動物プランクトンの中でも比較的大型のプランクトンを摂餌していると考えられる．

次に，サケ稚魚の胃内容物中の餌生物の体長組成とMTD ネット採集物中の動物プランクトンの体長組成をもとに，餌生物の体長階級別にサケ稚魚の餌生物の大きさに対する Ivlev の選択性指数を求め，Table 12 に示した．これによると，餌生物の体長が2.5～4.5㎜の範囲で選択性指数が0.78～0.99と高く，稚魚はこの大きさのプランクトンを比較的好んで摂餌するものと考えられる．また，体長13～18㎜の範囲でも0.97～1.00と高く，このことはオキアミ類や魚類稚仔等の大型のプランクトンに対する強い摂餌選択性を示すものと考えられる．

以上の結果から，サケ稚魚は環境中の比較的大型の餌生物を選択的に摂餌するものと推察される．

考 察

三原[23] はえりも岬以東海域でのサケ稚魚の沿岸滞泳期間を4月下旬～7月上旬（盛期6月中旬～7月上旬）とした．今回の調査結果では，釧路沿岸において5月下旬頃からサケ稚魚が出現し，6月下旬～7月上旬頃をピークに稚魚の分布密度は減少したが，8月上旬にもわずかに稚魚の分布が認められた（Fig. 19）．

一方，第1章において，釧路沿岸の小港ではサケ稚魚は4月下旬頃から出現し始め，6月上旬をピークに稚魚の分布密度は減少し，7月中旬には大部分が姿を消すこと，またその間，6月上旬～中旬頃に稚魚の港外への移動が活発に行われることを述べた．そして，稚魚は尾叉長45㎜以上に成長した段階で港外へ移動を

始めることを推察した．従って，釧路港沖に5月下旬頃初めて尾叉長46～64 mmの稚魚が出現したことは，港内に滞泳した稚魚が徐々に港外へ移動し始めたと考えると，時期の点でもまた稚魚の大きさの点でも説明がつく．一方，6月下旬～7月上旬に採集された一部の大型稚魚（Table 9）については，5月下旬頃から出現し始めた地先放流群が成長したものとは考え難く，他海域から移動してきたものである可能性が強い．また，1984年の調査では尾叉長10～11 cmのほぼ同じ程度の大型稚魚が7月5日と7月10日～11日に同じ海域で採集されたが，7月10日～11日の採集個体は7月5日のものに比べて尾叉長のモードが1 cm小さくなっていることから，これらは同じ群とは考え難い．従って，異なった群が新たに移動して来たか，または一部の大型魚が移動，離脱したものと推察される．

今回の調査では，採集稚魚の尾叉長組成の変化から地先群の成長を追跡できるほど十分な試料を得ることはできなかった．そのため釧路付近の河川に由来する稚魚の正確な沿岸滞泳期間を特定することは困難である．しかし，前述の大型稚魚以外のものが地先群に相当すると考えると，尾叉長組成の変化からみて，5月下旬の尾叉長モード5 cm台の群が6月下旬の尾叉長モード6 cm台の群に続き，7月下旬の尾叉長モード8 cm台の群が8月上旬の尾叉長モード9 cm台の群に続くと考えることも可能である．これが正しければ，地先群は少なくとも8月上旬に尾叉長9 cm程度に成長するまで地先に留まると言えるが，前述した分布密度の時期的変化（Fig. 19）や第4章で述べる沖合での稚魚の地理的分布等を考慮すれば，大部分の稚魚はそこまで成長する以前に徐々に地先沿岸から移動すると考える方が妥当と思われる．

以上の結果から，港内を除く釧路沿岸におけるサケ稚魚の出現期間はその起源の問題を抜きにすれば，5月下旬から8月上旬に及び，大部分の稚魚は7月下旬頃までに釧路沿岸から姿を消すものと推察される．また，釧路沿岸は他海域に起源をもつ稚魚の通過経路に当たっているものと推察される．

今回の調査の結果，稚魚が出現した盛期は1984年には7月上旬，1984年には6月下旬と1旬程度ずれていた．しかし，その時の表面水温は3地点の平均がそれぞれ12.0℃および11.2℃であり，両年で比較的よく一致していた．従って，稚魚の出現は水温条件と何らかの関連を持つ可能性がある．一方，これまで，サケ稚魚が沿岸域から姿を消す時期は水温条件と関連が深いと言われ，その時の水温は調査場所によって異なるが，13℃[27]，15℃前後[4,63]，および17℃[23]などが報告されている．今回の調査で，大部分のサケ稚魚が釧路沿岸から姿を消すと考えられたのは8月上旬であり，その頃の水温は1984年は15℃前後，また，1985年は14℃前後であった．両年の値は絶対値では等しくないが，上述の例とほぼ一致する．従って，水温の上昇が何らかの形で稚魚の離岸行動に関連している可能性は否定できない．一方，今回の調査で表面の塩分は常に33.0‰以下であり，変動の幅は小さかった．従って，塩分の変化が稚魚の移動と関連している可能性は薄いと考えられる．

次に，稚魚の分布や移動と餌料条件との関連について考える．前述したように，サケ稚魚は橈脚類，カニ類幼生，クラゲノミ類，昆虫類（落下昆虫）など表層近くに分布する動物プランクトンを中心に量的に多い餌生物を主に摂餌しているものと推察された．また，稚魚の目視数の時期的変化（Fig. 19）の傾向は，MTDネット採集による表層の動物プランクトン現存量の時期的変化（Fig. 22）の傾向とほぼ一致しており，両者共に6月下旬～7月上旬頃をピークにして急激に減少した．ここで，サケ稚魚の目視数とMTDネット採集による表層のプランクトン現存量を調査日ごとに比較すると，両者の相関係数は0.64となり，これは有意水準0.05で有意である．さらに，表層のプランクトン現存量は最も岸寄りのStn. Aが他の2地点より多く（Suppl. table 5），前述のように，稚魚の分布密度も岸寄りほど高いと考えられた．これらの結果から，サケ稚魚の分布と餌料動物プランクトンの分布との間には密接な関連――正の相関――があるものと推察される．

ここで，1984および1985年のサケ稚魚の出現状況（Fig. 19）と水温条件（Fig. 20），および餌料条件（Figs. 21, 22）をそれぞれ比較する．稚魚の出現状況では，1985年は1984年に比べて1旬程度早い時期に分布の盛期が見られ，また，より遅く（7月下旬頃）まで比較的多く分布していた．そして，水温条件では，1985年は1984年に比べて昇温が早く，6月下旬に11℃に達したが，その後は7月下旬まで12℃以下の比較的低めのまま経過した．一方，表層のプランク

トン量では，1985年は1984年に比べて1旬程度早くピークを示し，その後7月下旬頃には減少したものの，1984年の同時期に比べて若干高い値を示していた．同様に，下層のプランクトン量は，1985年は1984年よりかなり遅れて7月中旬に大きなピークを示した．

以上の結果から，水温の昇温経過の差異が何らかのしくみでプランクトンの現存量の時期的変化に影響を及ぼし，それが結果的に稚魚の分布密度の時期的変化に影響したものと推定される．釧路沿岸では表層の餌料条件，とくにカニ類幼生，クラゲノミ類等の大型餌生物の高密度分布が沿岸を回遊中の稚魚の一時的な滞留を促し，また逆に，それらの大型餌生物の減少による表層の餌料条件の悪化が稚魚の移動・回遊を促す主な要因になっているものと考えられる．さらに，遅くまで沿岸に残留した稚魚にとっては，水温の上昇と餌料条件の悪化が移動を促す主な要因になっているものと推察される．

第3章　オホーツク海沿岸海域におけるサケ稚魚の分布と海況および餌料条件

北海道のオホーツク海沿岸におけるサケ稚魚の分布については，これまで，定置網の設置されるごく沿岸での分布時期に関する断片的な知見[23]があるに過ぎず，それより沖合での稚魚の分布についてはほとんど知見がない．筆者は，先に網走湾海域におけるサケ・マス稚魚の分布について得られた知見の一部を報告したが[64]，ここでは，佐呂間湖沖から択捉島沖にかけてのオホーツク海海域における調査結果に基づき，サケ稚魚の分布と海況および餌料条件との関連について総合的に検討する．

材料および方法

1977～1980年の5～7月に，網走湾を中心に佐呂間湖沖から知床半島沖にかけての海域において，北水研所属の調査船北光丸（466トン）および探海丸（旧船，102トン）を用いて，年1～4航海ずつ，延べ11航海，

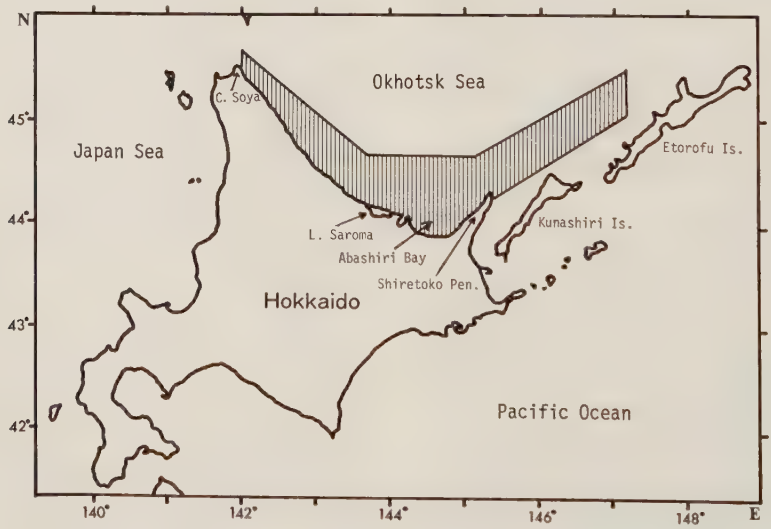


Fig. 28. 1977～1980年のオホーツク海の網走湾およびその隣接海域におけるサケ稚魚の調査域
Survey area for juvenile chum salmon in Abashiri Bay and adjacent waters of the Okhotsk Sea in 1977-1980.

計85日間の調査を実施した．調査海域の範囲を Fig. 28 に示した．ただし，1977年には宗谷海峡から佐呂間湖沖にかけての海域でも調査を行った．また，1980年の7月8日～12日には知床半島沖から択捉島沖にかけての海域でも調査を行った．佐呂間湖から知床半島に至る網走湾沿岸では，1977～1980年には，毎年4～5月頃，湧別川，常呂川，網走川，藻琴川，斜里川および岩尾別川を中心に，1億2千万～1億5千万尾のサケ稚魚と，常呂川，止別川，斜里川，岩尾別川およびルシャ川を中心に，1千4百万～4千4百万尾のカラフトマス稚魚が放流されており[65]，北海道でもとりわけサケ・マスのふ化放流の盛んな海域である．

全調査期間を通しての調査定点は設定しておらず，調査点は航海ごとに若干異なった．各航海では調査海域全域にわたる海洋観測を実施して海況を把握するとともに，サケ・マス稚魚および動物プランクトンの採集を行った．なお，稚魚調査地点では，調査の直前あるいは直後に海洋観測とプランクトン採集を行った．稚魚の採集は主として夜間に集魚灯（サンマ用，500 W×5）を用いて，灯下に蝟集するものをタモ網（口径40 cm，目合10 mm，柄の長さ4 m）によってすくう方法で行った．その他に，種々の目合の流し網（目合21，24，27，33，38，44，50，58，66および77 mm各3反），アイザックス・キッド中層トロール（網口高さ90 cm，最小目合10 mm）および稚魚ネット（口径130 cm，側長450 cm，もじ網，篩絹 NGG54）による採集を試みた．また，1979，1980年には，以上の他に小型のまき網（構造上は曳網に近い，浮子方長さ117 m，最大網丈14 m，袋網長さ5 m，魚捕部目合10 mm，締括環付き）を加え，夜間はタモ網（集魚灯）を，昼間はまき網を用いて稚魚の採集を行った．なお，まき網の1回の操業には約20分を要した．また，タモ網（集魚灯）による採集は定量化を図るために，30分間の点灯時間内に1人が1本の網で採集することを努力量の基準にして行い，採集尾数と逃がした稚魚の数を区別して記録した．なお，灯下に来遊した稚魚の総数に対する採集個体数の割合を概算したところ56%程度になった．

採集した稚魚は船上で約10%の海水ホルマリン液を用いて固定し，研究室に持ち帰ってから，尾叉長，体重，胃内容物等の生物学的測定を行った．サケとカラフトマスの識別は，小型個体ではパルマークの有無によって行い，パルマークが不明瞭になってくる大きさのものでは，PHILLIPS[51]に従って尾鰭後端叉状部の黒色素の現われ方によって一応区別し，なおも疑わしい個体は鰓耙数[66]を数えて確認した．

調査回数の概要を Table 13 に示した．調査期間中にアイザックス・キッド中層トロール調査を計7回，稚魚ネット採集を計51回，流し網の操業（夕方に投網し翌朝揚網）を計8回，まき網の操業を計24回，そして，タモ網（集魚灯）調査を計121回実施した．以上の調査によって採集したサケ稚魚の総数は

Table 13. 1977～1980年にオホーツク海の網走湾およびその隣接海域において実施したサケ稚魚調査一覧．数字は調査地点数
Summary of investigations of juvenile chum salmon in Abashiri Bay and adjacent waters of the Okhotsk Sea in 1977–1980. Numbers indicate stations where surveys were conducted.

Cruise No.	Year	Period	Area	Isaacs-Kidd midwater trawl	Larva net	Gill net	Purse seine	Spoon net*	NORPAC net	MTD net	Oceanographic observation
1	1977	July19–August 1	Okhotsk Sea	7	10	4		3	59	7	49
2	1978	May 18–22	Abashiri Bay		13			4	23		23
3		June 29–July 2	Abashiri Bay		16	2		2	18	2	23
4		July 15–20	Abashiri Bay		7	2		6	37	4	37
5	1979	May 21–27	Abashiri Bay		5			9	34	1	30
6		June 26 July 2	Abashiri Bay				3	17	28	3	46
7		July 5–10	Abashiri Bay				2	21	27	2	41
8	1980	May 18–27	Abashiri Bay				2	20	37	17	49
9		June 30–July 6	Abashiri Bay				13	7	17	2	30
10		July 8–12	Off Etorofu Is.					17	17		50
11		July 14–18	Abashiri Bay				4	15	22	10	32
Total				7	51	8	24	121	319	48	410

* Spoon net was operated under fish lamp lighting.

1,141尾，カラフトマス稚魚の総数は442尾であった．採集方法別のサケ稚魚の採集結果は，アイザックス・キッド中層トロール1尾，稚魚ネット2尾，まき網207尾，タモ網（集魚灯）931尾で，大部分がまき網とタモ網によって採集された．

以下の解析では，調査期間をいくつかの時期に便宜的に区分して，上述の調査で得られた調査結果を総合して解析した場合があるが，その場合，年による変化は無視できるものと仮定した．また，後述するように，この海域ではサケ稚魚に混じってカラフトマス稚魚が採集され，以下の解析では両種を含めた場合がある．

稚魚の胃内容物は枝角類，貝虫類，カラヌス類，ハルパクチクス類，アミ類，クマ類，ヨコエビ類，クラゲノミ類，オキアミ類，オキアミ類幼生，エビ類幼生，カニ類幼生，巻貝類，尾虫類，昆虫類，魚卵，魚類稚仔，不明，および空胃の19項目に分類した．

海洋観測は11航海合わせて計410点で実施し（Table 13），表面測温，DBTによる測温，および表面採水器とナンセン採水器による各層採水を行った．塩分は試水を採水びんに入れて研究室に持ち帰り，Auto-Lab塩分計によって測定した．

プランクトン採集は，NORPACネット（口径45cm，NGG54）の水深150 mからの鉛直びきを計319回と，MTDネット（口径56cm，NGG54）の2ノット5分間の表層水平びきを計48回実施した．ネット採集物の処理は第2章と同様の方法で行った．なお，NORPACネットは水深が150 m以浅の地点では海底直上からの鉛直びきを行った。

結　　果

1. 稚魚の分布時期と大きさ

採集したサケ・マス稚魚の尾叉長組成をTable 14に示した．さらに，調査期間を便宜的に5月中旬～下旬，6月下旬～7月上旬および7月中旬～下旬の三つの時期に区分し，時期別にサケ稚魚の尾叉長範囲，平均尾叉長およびタモ網（集魚灯）採集による単位努力量当たりの採集尾数（CPUE）をTable 15に示した．全調査を通じて採集された稚魚の尾叉長範囲はサケが2.9～14.3cm，カラフトマスが3.0～9.8cmであった．時期別に見ると，サケでは，5月中旬～下旬に尾叉長2.9～6.3 cmの稚魚が採集され，3～4 cmのものが多かった．6月下旬～7月上旬には尾叉長4.2～11.6cmの稚魚が採集され，6～7 cmのものが多かった．また，7月中旬～下旬には尾叉長4.7～9.4 cmの稚魚が採集された．

一方，分布密度の相対値と考えられるCPUEは，5月中旬～下旬の6.0から6月下旬～7月上旬の7.4に増加したが，7月中旬～下旬には0.4となって急激に減少した．5月中旬～下旬に多数採集された尾叉長3～4 cmのサケ稚魚は，第1章で述べた道東沿岸の小港での知見から考えて，降海してそれほど日数が経過していないものと推察される．網走湾海域（網走湾およびその隣接海域）では，5月中旬から7月上旬にかけては，時期が遅くなるに従って大型の個体が多くなる傾向が認められたが，7月中旬～下旬にはその前の時期より小型の個体がわずかに採集されただけであった．一方，択捉島沖では7月上旬に尾叉長12.4～14.3 cmの大型のサケ稚魚が採集された．これは網走湾海域で採集された稚魚に比べてひと回り大きいものであった．

以上の結果から，網走湾海域ではサケ稚魚は5月中旬から7月下旬にかけて出現し，分布の盛期は6月下旬～7月上旬頃であると推察される．なお，網走湾海域では同時期にサケ稚魚に混じってカラフトマス稚魚が分布する．カラフトマスの尾叉長は，同時期で比較すればサケよりわずかに小さい傾向が認められた．また，サケは尾叉長10 cm以上の大型の個体も比較的多く採集されたのに対して，カラフトマスでは10 cm以上の個体は1尾も採集されなかった．

2. 稚魚の地理的分布の時期的変化

1977～1980年の調査結果を総合して，前述の三つの時期に区分し，サケ稚魚の分布の時期的変化をFig. 29に示した．5月中旬～下旬には，稚魚は小港や小さな入江に多く分布し，地理的には佐呂間湖から知床半島にかけての距岸3.6 km（2海里）以内，水深30 m以浅の岸寄りに主に分布が認められた．6月下旬～7月上旬には，稚魚の分布はやや沖合に広がり，網走湾

Table 14. 1977～1980年に網走湾およびその隣接海域で採集されたサケ・マス稚魚の尾叉長組成
Size composition of juvenile chum and pink salmon collected in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1980.

Fork length (cm)	Year Period	1978 May 18 22	1979 May 21 27	1980 May 18 27	1978 June 29 July 2	1979 June 26 July 2	1979 July 5 10	1980 June 30 July 6	1980* July 8 12	1977 July 21 26	1978 July 15 20	1980 July 14 18	Total
Oncorhynchus keta													
2- 3				1									1
3- 4		3	71	53									127
4- 5		21	71	54	1	18	2	2		2			171
5- 6		18	6	3	31	68	27	2		3			158
6- 7		1	1	1	124	63	41	8					239
7- 8					8	59	56	26		2	2	1	154
8- 9					2	11	18	46				2	79
9-10						4	4	124				2	134
10-11						1		64					65
11-12						1		9					10
12-13									1				1
13-14													
14-15									2				2
Total		43	149	112	166	225	148	281	3	7	2	5	1,141
Oncorhynchus gorbuscha													
3- 4			75	146									221
4- 5		4		14		7	3	3					31
5- 6					10	17	7	5					39
6- 7					24	26	9	17					76
7- 8					2	2	13	35				1	53
8- 9							2	10	1			1	14
9-10								7				1	8
Total		4	75	160	36	52	34	77	1			3	442

* Off Etorofu Island.

Table 15. 1977～1980年に網走湾およびその隣接海域においてタモ網により採集されたサケ稚魚の時期別の大きさおよびCPUE
Size and CPUE of juvenile chum salmon taken by the spoon net sampling in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1980.

Period	Range of fork length(cm)	Average fork length(cm)	CPUE
mid-May —late May	2.9- 6.3	4.2	6.0
late June —early July	4.2-11.6 12.4 14.3*	7.5 13.6*	7.4
mid-July —late July	4.7- 9.4	4.4	0.4

* Off Etorofu Island.

から知床半島沖にかけての岸ぞいで，ほぼ水深200m以浅の陸棚の範囲内に多く分布が見られた．一方，図には示していないが後述するように，1980年の7月上旬には，国後島沖から択捉島沖にかけての海域に，サケ稚魚が多数分布するのが観察された．そして，7月中旬～下旬になると，網走湾海域にはサケ稚魚の分布が極めて少なくなった．

次に，各年の6月下旬～7月下旬の調査結果を用い

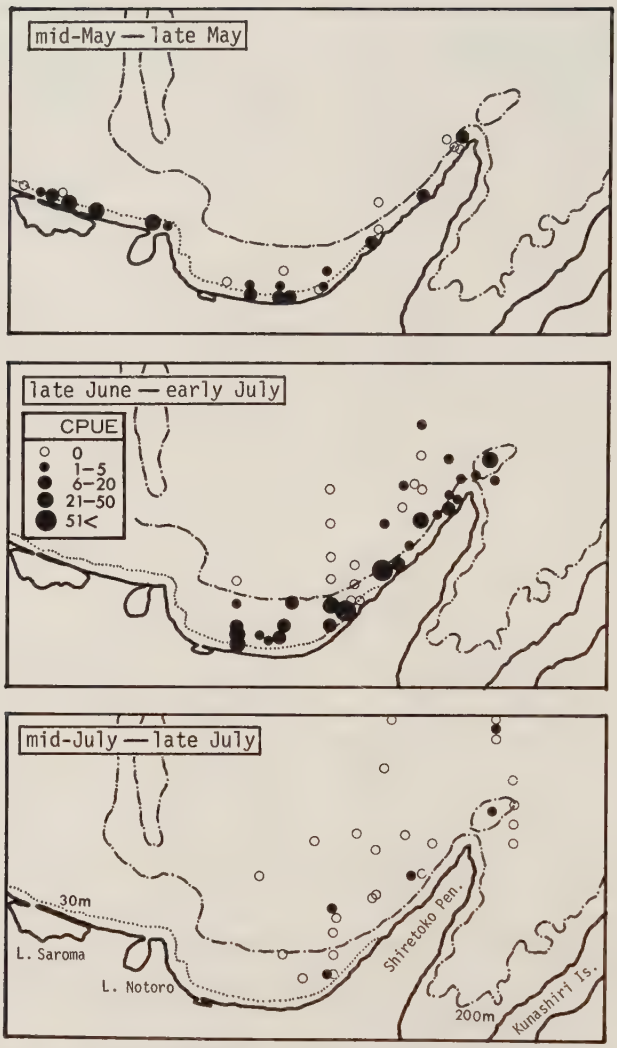


Fig. 29. 1977～1980年の網走湾およびその隣接海域におけるタモ網採集によるサケ稚魚の分布の時期的変化
Seasonal changes in distribution of juvenile chum salmon taken by the spoon net sampling in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977–1980. Data obtained in cruises 1–11 were combined.

て，最寄りの陸地からの距岸距離に対するサケ稚魚のCPUEの関係をFig. 30に示した．調査した距岸1.8～76 km（1～42海里）の範囲では，1.8～25 km（1～13.8海里）の範囲にサケ稚魚の姿が認められ，岸寄りほどCPUEが高い傾向が認められた．図には示さなかったが，集魚灯点灯30分間当りのサケ・マス稚魚の目視数（採集尾数＋逃避数）は距岸0～3.6 km（0～2海里）での平均値18尾が最高で，沖に行くに従ってほぼ直線的に減少し，距岸18 km（10海里）以上では1尾以下になった[64]．計算上では総目視数の99%にあたる個体が距岸18 km以内で観察されたことになる．

以上の結果から，5月中旬～7月上旬の網走湾海域では，大部分のサケ稚魚は距岸18 km（10海里）以内に分布し，岸寄りほど分布密度が高いものと推察され

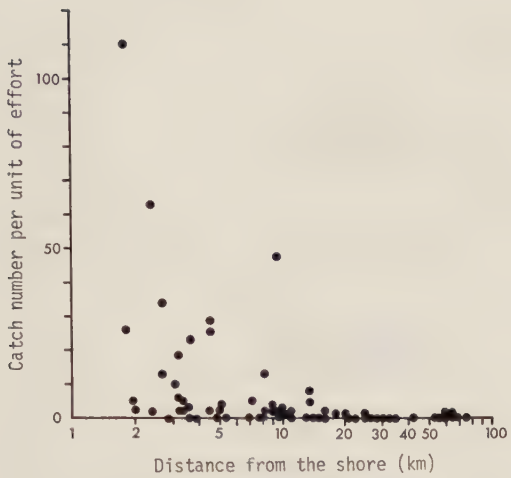


Fig. 30. 1977～1980年の網走湾およびその隣接海域における距岸距離に対するタモ網採集によるサケ稚魚のCPUE
CPUE of juvenile chum salmon by the spoon net sampling plotted against distance from the shore at sampling stations in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1980.

る．また，5月中旬から7月上旬頃にかけては，時期が遅くなるに従って，サケ稚魚の分布域は岸ぞいに，かつ幾分沖合寄りの東方へ拡大し，その後，7月中旬～下旬頃までに大部分の稚魚はより東の海域に移動して網走湾海域から姿を消すものと考えられる．

3. 稚魚の分布と海況条件

第2章の調査結果からサケ稚魚は表層近くで生活すると考えられるので，海況条件としては表面の水温，塩分および密度（σ_t）を取り上げた．全調査結果を総合して，調査期間を前述の三つの時期に分け，稚魚が出現した地点の表面の水温，塩分，および σ_t の値を時期別に Table 16 に示した．全調査期間を通じてみると，稚魚は水温 4.6～15.7 ℃，塩分 30.8～33.9 ‰，σ_t 23.8～26.3 の範囲に出現した．時期別にみると，5月中旬～下旬には稚魚は水温 4.6～9.9 ℃（平均 6.5℃），塩分 30.8～33.4‰（平均 32.6‰），σ_t 24.1～26.3（平均 25.7），6月下旬～7月上旬には水温 8.4～14.5℃（平均11.3℃），塩分 31.8～33.7‰（平均32.9‰），σ_t 24.4～25.7（平均 25.2），また，7月中旬～下旬には水温 10.2～15.7 ℃（平均 12.1℃），塩分 32.1～33.9‰（平均 33.0‰），σ_t 23.8～26.0（平均 25.0）の範囲に分布した．5月中旬～7月下旬の間では，時期が遅くなるに従って稚魚が出現した水温および塩分は高くなり，逆に密度（σ_t）は低くなる傾向が認められた．

次に，サケ稚魚が出現した地点の表面の水温と塩分を頻度分布で時期別に Fig. 31 に示した．稚魚の出現頻度は調査地点の水温および塩分の頻度分布にほぼ比例しており，全体では，とくに水温 10～13℃，塩分 32.25～33.75‰ で高かった．詳細に見ると，水温 13℃台および塩分 33.75～34.0‰ における出現頻度が調査頻度の割りに低いように見受けられた．これから直ちに稚魚が特定の水温や塩分条件を好むとは断定できないので，さらに，タモ網採集によるサケ稚魚の CPUE と採集地点の表面の水温，塩分および σ_t との関係を Fig. 32 に示した．CPUE は水温 10～13℃，塩分 32.3～33.8‰，σ_t 24.8～25.8 の所で高い値を示した．

以上の結果は，サケ稚魚が水温 10～13 ℃，塩分 32.3～33.8‰ を好み，水温 14℃ 以上および塩分 34‰ 以上の高温，高塩分を好まないなど，水温，塩分条件

Table 16. 1977～1980年に網走湾およびその隣接海域でサケ稚魚が出現した地点の表面水温，塩分および σ_t
Temperature, salinity, and σ_t of surface water where juvenile chum salmon were found in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1980.

Factor	Period	mid-May —late May	late June —early July	mid July —late July
Temperature (°C)	Range	4.6- 9.9	8.4-14.5	10.2-15.7
	Average	6.5	11.3	12.1
Salinity (‰)	Range	30.78-33.38	31.77-33.72	32.06-33.92
	Average	32.61	32.86	33.01
σ_t	Range	24.05-26.30	24.43-25.74	23.84 25.97
	Average	25.66	25.16	25.04

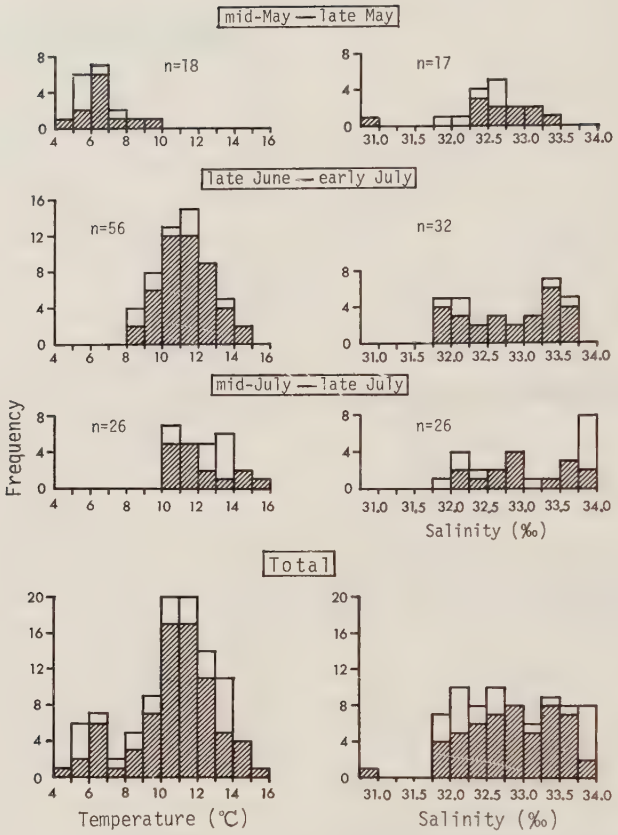


Fig. 31. 1977～1980 年の網走湾およびその隣接海域のサケ稚魚調査地点における表面の水温および塩分の頻度分布．斜線の部分は稚魚が出現した頻度を示す
Frequency distribution of surface temperature and salinity at sampling stations in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1980. Shading shows the frequency of occurrence of juvenile salmon.

に対して一定の嗜好性を持つ可能性を示唆する．

4. 稚魚の分布と水塊

ここでは，若生・小島[67]および TAKIZAWA[68] を参考にして，表面の水温と塩分の調査結果を用いて Fig. 33 のような T-S ダイヤグラムで表層の水塊区分を行い，1977～1980年の表層の水塊配置とサケ・マス稚魚の分布の時期的変化を Figs. 34～38 にそれぞれ示した．ただし，以下の各節および各章で述べる水塊は，表面の水温および塩分のみで表層の水塊を区別したもので，SVERDRUP *et al.*[69] の定義による水柱内各深度の T-S 関係に基づく水塊（water mass）とは若干異なる．

1977 年の 7 月下旬には，オホーツク海沿岸は網走湾を除くと，表層まで宗谷暖流水によって覆われており，網走湾の一部表層には網走川の河川水に起源を持つと思われる沿岸水がみられた（Fig. 34）．サケ稚魚がわずかに採集されたのは，網走湾の沿岸水の分布域あるいは雄武沖の宗谷暖流水の分布域であった．この年は調査時期が遅かったために，移動の遅れたものがわずかに観察されたと考えられる．

1978 年 5 月中旬～下旬には，網走湾付近の表層は沿岸水によって覆われており，宗谷暖流水は佐呂間湖沖までしか達していなかった（Fig. 35）．この沿岸水の塩分は 33.0～33.4‰ で比較的高く，流氷融氷水が河川水起源の沿岸水および一部宗谷暖流水とも混合し

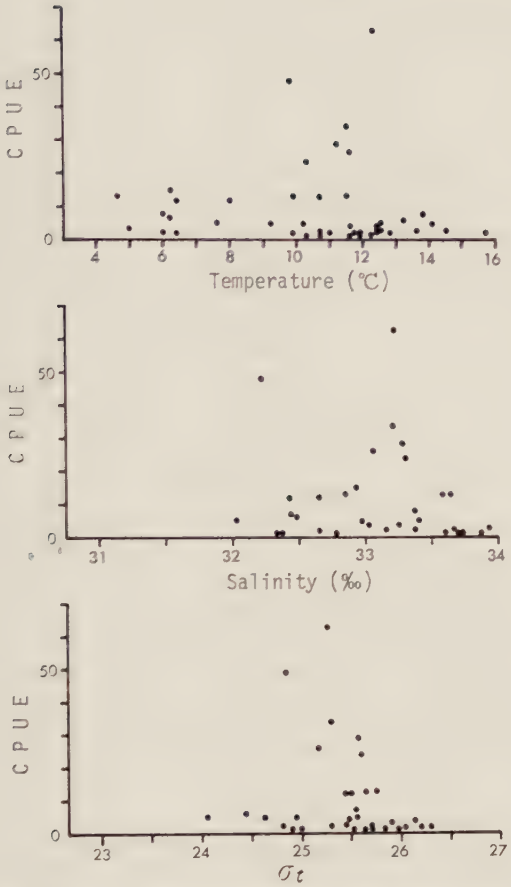


Fig. 32. 1977～1980年の網走湾およびその隣接海域におけるタモ網採集によるサケ稚魚の CPUE と稚魚採集地点の水温，塩分および σ_t

CPUE of juvenile chum salmon by the spoon net sampling plotted against surface temperature, salinity, and σ_t at sampling stations in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977 1980.

たものと考えられる．サケ稚魚が採集されたのはこれらの沿岸水の水域であった．6月下旬～7月上旬には，岸寄りの表層はなおも沿岸水が卓越していたと推測される．7月中旬には表層まで宗谷暖流水が分布し，サケ稚魚の姿はほとんど見られなかった．

1979年の5月下旬には，水温2～5℃，塩分31.7～32.7‰を示すオホーツク海表層水が表層を広く沿岸まで覆っており，わずかに能取岬東方と斜里沖に河川水起源と思われる低塩分の沿岸水が分布した（Fig. 36）．サケ稚魚が採集されたのは，ごく岸寄りのこのような沿岸水の分布域あるいはそれに近い環境の地点であった．6月下旬～7月上旬には，沿岸部は水温10～13℃，塩分33.1～33.6‰を示す沿岸水が広く表層（水深約10mまで）を覆っており，その沖合には水温7～10℃，塩分31.7～32.5‰を示すオホーツク海表層水が分布していた．そして，宗谷暖流水は沿岸水の下層を知床半島ぞいに流去していた．サケ稚魚が採集されたのは上述の沿岸水の分布域に多かった．ただし，この沿岸水は1978年5月中旬～下旬の沿岸水と同様に塩分が比較的高く，宗谷暖流水の影響を受けている可能性がある．

1980年の5月中旬～下旬には，岸寄りは水温5～7℃，塩分32.4～32.7‰を示す沿岸水が覆っており，その沖合に水温3～5℃，塩分31.7～32.5‰を示すオホーツク海表層水が分布していた（Fig. 37）．サケ稚魚が採集されたのはこれらの沿岸水中でもごく岸寄りの地点であった．7月上旬の網走湾海域は，網走湾の一部に河川水起源の沿岸水が分布し，その沖側には水温8～12℃，塩分32.1～33.0‰を示すオホーツク海表層水が広く分布しており，1979年の同時期に顕著であった沿岸水は認められなかった．サケ稚魚は上述の宗谷暖流水の分布域で多く採集された．同時期，知床半島沖～択捉島沖の海域では千島列島ぞいに宗谷暖流水が分布し，その沖合にオホーツク海表層水が分布した．サケ稚魚が多数分布するのが観察されたのは国後島沖～択捉島沖のオホーツク海表層水中であった（Fig. 38）．7月中旬には，宗谷暖流水がさらに南下して沖合まで分布域を広げ，サケ稚魚は極めてわずかしか採集されなかった．

次に，1979年の6月下旬～7月上旬と1980年の6月下旬～7月中旬の稚魚調査地点の表面水温と表面塩分の調査結果を用いてサケ稚魚の分布と表層の水塊との対応を検討した（Fig. 39）．これによると，1979年の6月下旬～7月上旬には，サケ稚魚は前述の沿岸水中に多く分布し，それと明瞭に区別されるオホーツク海表層水中にもわずかに分布が見られた．また，1980年の6月下旬～7月中旬に稚魚が多く分布したのは，表面水温10～13℃，塩分32.9～33.7‰の地点であり，1979年の同時期に稚魚が多く分布した水塊とほぼ同様の水温および塩分条件であった．稚魚は宗谷暖流水中では低温・低塩分の部分に多く分布し，それと明瞭に区分されるオホーツク海表層水中では，低温・高塩

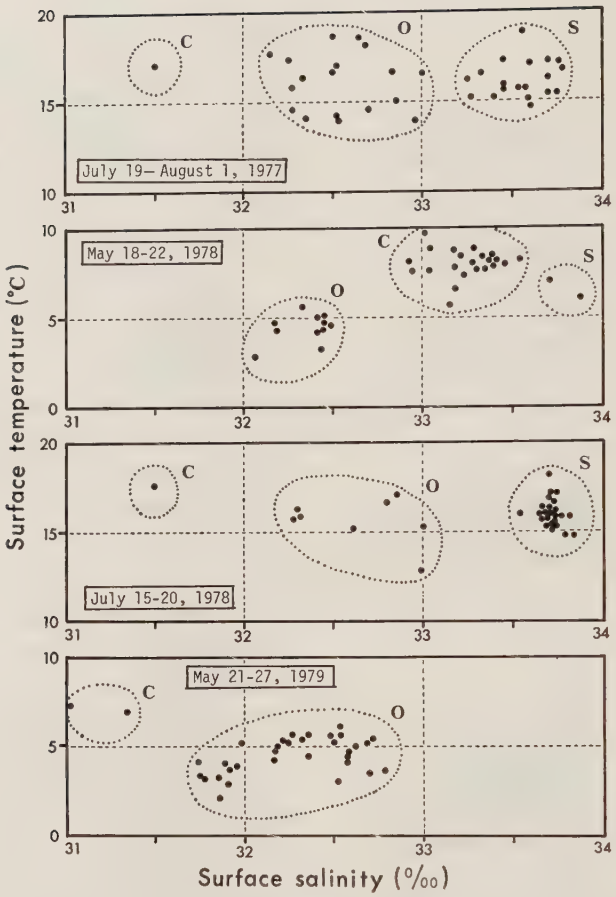


Fig. 33. 1977～1979年の網走湾およびその隣接海域における表層の T-S ダイヤグラムと水塊区分.
C：沿岸水，O：オホーツク海表層水，S：宗谷暖流水
T-S diagram and surface water masses in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1979. C: Coastal water, O: Okhotsk Surface Water, S: Soya Warm Water.

分の部分に多く分布する傾向が認められた.

5. 稚魚の食性

サケ稚魚の胃内容物の調査結果を餌項目ごとの出現率で Suppl. table 9 に，また，年別および月別に Fig. 40 に示した．稚魚は枝角類，カラヌス類，クラゲノミ類，オキアミ類，エビ類幼生，巻貝類，尾虫類，昆虫類，魚卵，魚類稚仔等の広い範囲のものを食べていた．空胃個体は極めて少なかった．時期や標本によって若干異なるが，全体としては，サケ稚魚はカラヌス類を最もよく食べ，それに次いでクラゲノミ類，昆虫類，魚類稚仔，尾虫類等をよく食べていた．また，択捉島沖の大型稚魚はクラゲノミ類と魚類稚仔を主に食べていた．図表には示していないがよく出現した餌生物の種類は，カラヌス類では *Calanus plumchrus*（5～7月），*C. cristatus*（7月），*Eucalanus bungii bungii*（6月），*Metridia okhotensis*（7月），および *Tortanus discaudatus*（5月）が，クラゲノミ類では *Parathemisto japonica*（5～7月）が，昆虫類では陸性の双翅目に属するものが，また，魚類稚仔ではイカナゴ稚魚が多かった．そして，中でも比較的大型の動物プランクトンである *Calanus plumchrus* と *Parathemisto japonica* の出現率が高かった．時期的な差異について見ると，カラヌス類，クラゲノミ

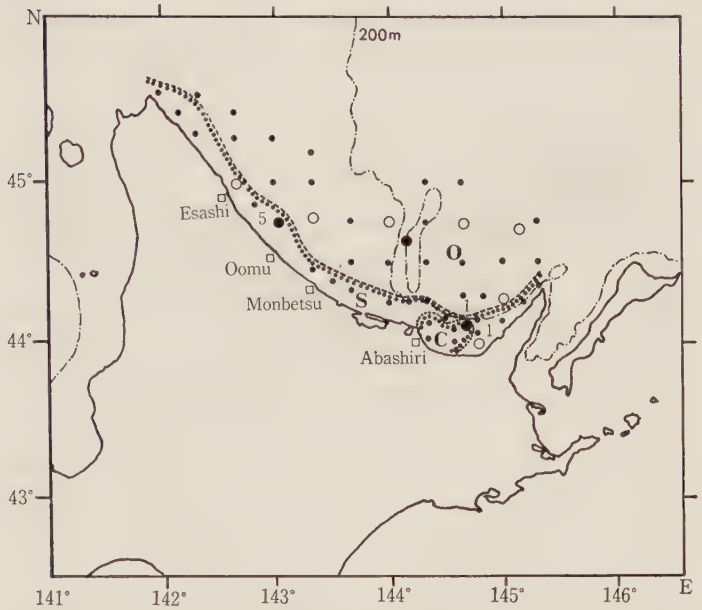


Fig. 34. 1977年7月19日～8月1日のオホーツク海域におけるサケ稚魚の分布と表層の水塊配置．点線は2つの水塊の境界，小黒丸は海洋観測点，大黒丸はタモ網採集（集魚灯）による調査地点を示し，また，白丸は稚魚網，刺し網あるいはアイザックス・キッド中層トロールの調査地点を示す．図中の数字はサケ稚魚の採集尾数，数字の無い所は漁獲無しを示す．（水塊の説明は Fig. 33 を参照）
Distribution of juvenile chum salmon and surface water masses in the Okhotsk Sea from July 19 to August 1, 1977. Dotted lines indicate the boundaries between water masses. Small closed circles are stations where oceanographic observations were made and large closed circles are spoon net sampling stations. Open circles are sampling stations with larva nets, Gill nets, or Isaacs Kidd midwater trawls. Numbers are chum salmon collected and no number indicates no catch.
(for further explanations, see Fig. 33)

類，昆虫類および魚類稚仔は常によく食べられていたのに対して，枝角類と尾虫類は7月上旬頃にのみ食べられていたことが特徴的であった．ハルパクチクス類は5月に小型の稚魚に若干食べられていたに過ぎなかった．

6. 動物プランクトンの分布

NORPAC ネットの鉛直びきと MTD ネットの表層びきによって推定された動物プランクトンの現存量を航海別，昼夜別に Suppl. table 10 に示した．NORPAC ネットの鉛直びきによる下層（水深150m以浅層）の動物プランクトン現存量は昼間は 9～623 mg/m³，夜間は30～518 mg/m³ の範囲であった．一方，MTD ネットの表層水平びきによる表層の動物プランクトン現存量は，昼間では 1～474 mg/m³，夜間では13～1,206 mg/m³ であり，地点による差が極めて大きかった．NORPAC および MTD ネットともに，夜間の時間帯における採集量が昼間のそれに比べて明らかに多い場合があり，その傾向は水深（底深）の浅い所よりも深い所の方が顕著であった．これは動物プランクトンの日周鉛直移動の影響によるものと考えられ，プランクトン量を比較する場合は試料の採集時刻を考慮する必要があると思われる．

一方，動物プランクトン現存量の年変化は季節変化に比べて遙かに小さいと言われている[70]．そこで，網走湾海域における昼間の NORPAC ネット採集の調査結果のみを用いて，採集年を無視して動物プランクトン現存量の時期的変化を Fig. 41 に示した．これ

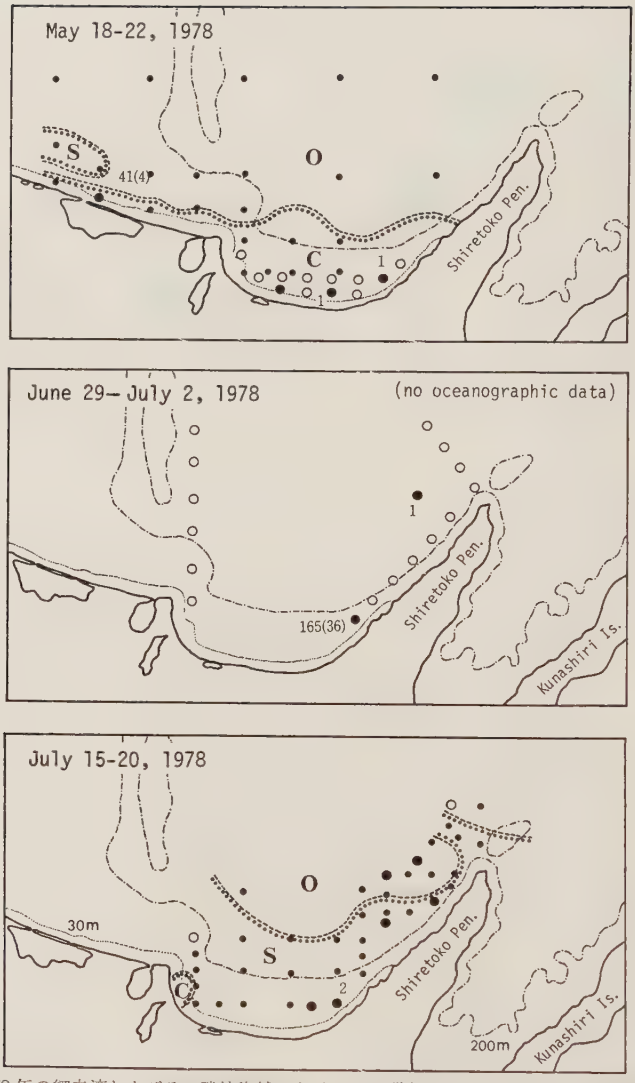


Fig. 35. 1978年の網走湾およびその隣接海域におけるサケ稚魚の分布と表層の水塊配置．括弧内の数字はカラフトマス稚魚の採集尾数．（その他の説明は Figs. 33, 34 を参照）
Distribution of juvenile chum salmon and surface water masses in Abashiri Bay and adjacent waters from May 18 to July 20, 1978. Numerals in parentheses are the number of pink salmon collected. (for further explanations, see Figs. 33, 34)

によると，調査期間中では5月下旬の平均 155 mg/m³ から7月下旬の平均47 mg/m³まで，時期が遅くなるに従ってプランクトンの現存量は減少する傾向が認められた．また，プランクトンの現存量は，7月上旬の同時期には網走湾海域より国後島沖～択捉島沖海域の方が多いものと推察される．

次に，動物プランクトン現存量の地理的分布とその時期的変化，および水塊との関連について検討するために代表的な例を Fig. 42 に示した．これによると，5月中旬～下旬の網走湾海域では，動物プランクトン

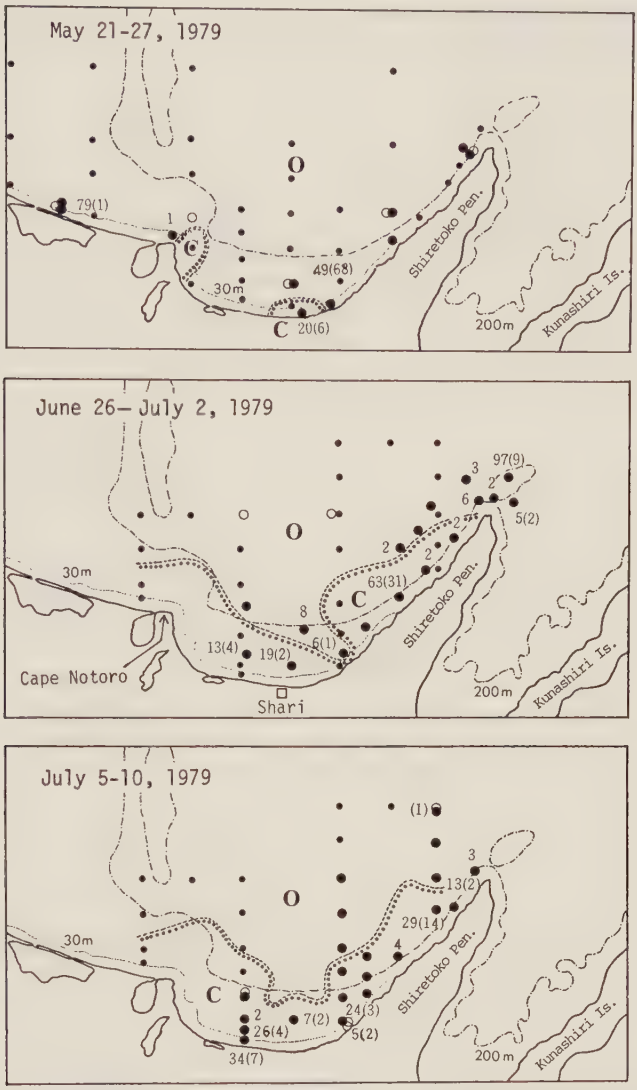


Fig. 36. 1979年の網走湾およびその隣接海域におけるサケ稚魚の分布と表層の水塊配置.（その他の説明は Figs. 33～35 を参照）
Distribution of juvenile chum salmon and surface water masses in Abashiri Bay and adjacent waters from May 21 to July 10, 1979. (for further explanations, see Figs. 33 - 35)

現存量は水深の浅い岸寄りほど多く，沖合寄りに少ない傾向が認められた．この時期には，岸寄りには沿岸水が分布し，沖合寄りにはオホーツク海冷水（表層はオホーツク海表層水，下層はオホーツク海中冷水）が分布した．従って，この時期の動物プランクトンの現存量は，沿岸水の方がオホーツク海冷水より多いものと推察される．

6月下旬の網走湾海域では，動物プランクトンの現存量は，夜間の採集量が増加することを考慮しても，岸寄りほど少なく，沖合寄りに多い傾向が認められた

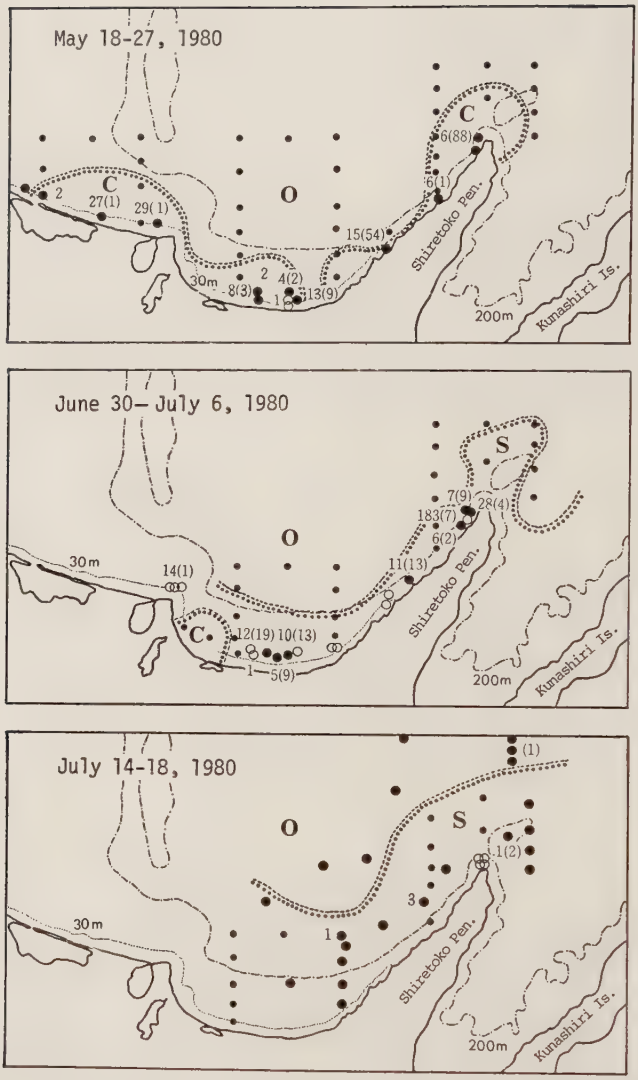


Fig. 37. 1980年の網走湾およびその隣接海域におけるサケ稚魚の分布と表層の水塊配置.（その他の説明は Figs. 33～35 を参照）
Distribution of juvenile chum salmon and surface water masses in Abashiri Bay and adjacent waters from May 18 to July 18, 1980. (for further explanations, see Figs. 33-35)

(Fig. 42). 前述したように，この時期には，岸寄りの表層には沿岸水，下層には宗谷暖流水が分布しており，沖合にはオホーツク海冷水が分布していた．従って，動物プランクトンの現存量は，岸寄りの沿岸水＋宗谷暖流水と比較し，沖合のオホーツク海冷水の方が多いものと推察される．

また，7月上旬の網走湾～択捉島沖海域では，動物プランクトンの現存量は宗谷暖流水が分布する岸寄り

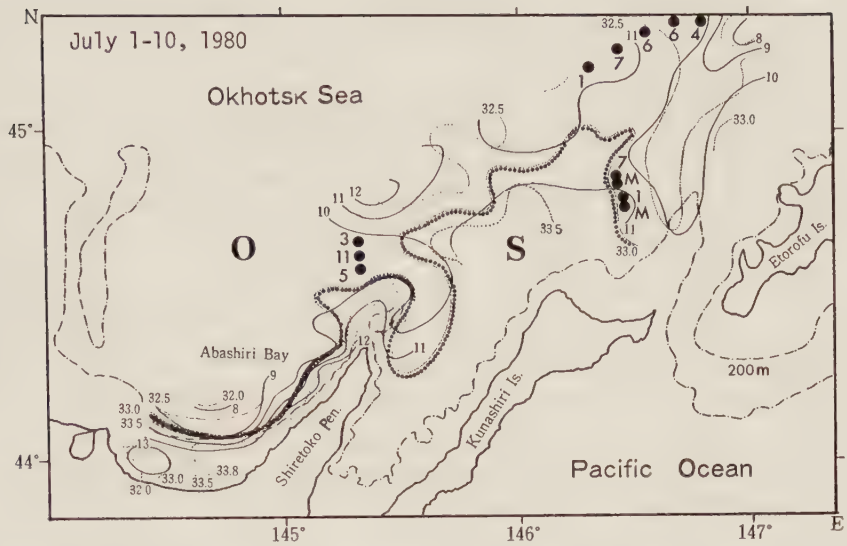


Fig. 38. 1980年7月1日～10日の網走湾およびその隣接海域におけるサケ稚魚の分布と表層の水塊配置．Mはサケ稚魚多数．実線は表面水温，小点線は表面塩分を示す．(その他の説明は Figs. 33～35 を参照)
Distribution of juvenile chum salmon and surface water masses in Abashiri Bay and adjacent waters from July 1 to July 10, 1980. M indicates many juvenile salmon. Solid lines are surface temperatures (°C) and dotted lines show the surface salinity (‰). (for further explanations, see Figs. 33－35)

に比べて，オホーツク海冷水が分布する沖合寄りに多い傾向が認められ，中でも，択捉島沖のオホーツク海冷水の分布域でとりわけ多かった．

次に，MTD ネットで採集された表層の動物プランクトンの個体数組成を Suppl. table 11 に，また，重量組成で 3 位までを占めたプランクトンの種名を Suppl. table 12 に示した．個体数組成では，撓脚類が大部分を占める場合が多かったが，地点によっては枝角類，クラゲノミ類，あるいは尾虫類が大きな割合を占めた．一方，重量組成では，多くの場合 *Calanus plumchrus* が上位を占め，次いで *Pseudocalanus minutus*, *Metridia* sp., *Tortanus discaudatus*, *Evadne nordmanni*, *Parathemisto japonica* などが上位を占めた．

考　察

全調査期間を通じて，カラフトマスはサケに混じって一様に採集された．採集結果のうちサケ・マス稚魚が同時に採集された 50 回についてその内容をみると，サケ あるいは カラフトマスのみが 採集された 回数は 15 回で あるのに対して， 2 種が 混じって採集されたのは 35 回であった．従って， この時期のサケとカラフトマス稚魚の生活域は重複するものと考えられる．Ivankov and Shershnev[34] は南千島沿岸のサケ・マス稚魚について，サケとカラフトマスは生活型が非常によく似ているために，大抵の場合同一の魚群を形成していると述べており，また，Neave[71,72] もカナダのブリティッシュ・コロンビア沿岸のサケとカラフトマス 稚魚について 同様のことを 報告していることから，一般的な現象であると言えよう．

今回の調査によって，網走湾海域におけるサケ稚魚の出現時期は 5 月中旬から 7 月下旬に及び，その盛期は 6 月下旬～ 7 月上旬頃であることが推察された．また，大部分の稚魚が網走湾沿岸から姿を消す時期は 7 月中旬頃と 考えられるが， これらの 知見は 以前に三原[23] によって 報告された サケ稚魚の沿岸滞留期および混獲盛期とほぼ一致している．

調査結果から，サケ稚魚がごく沿岸に分布する頃の

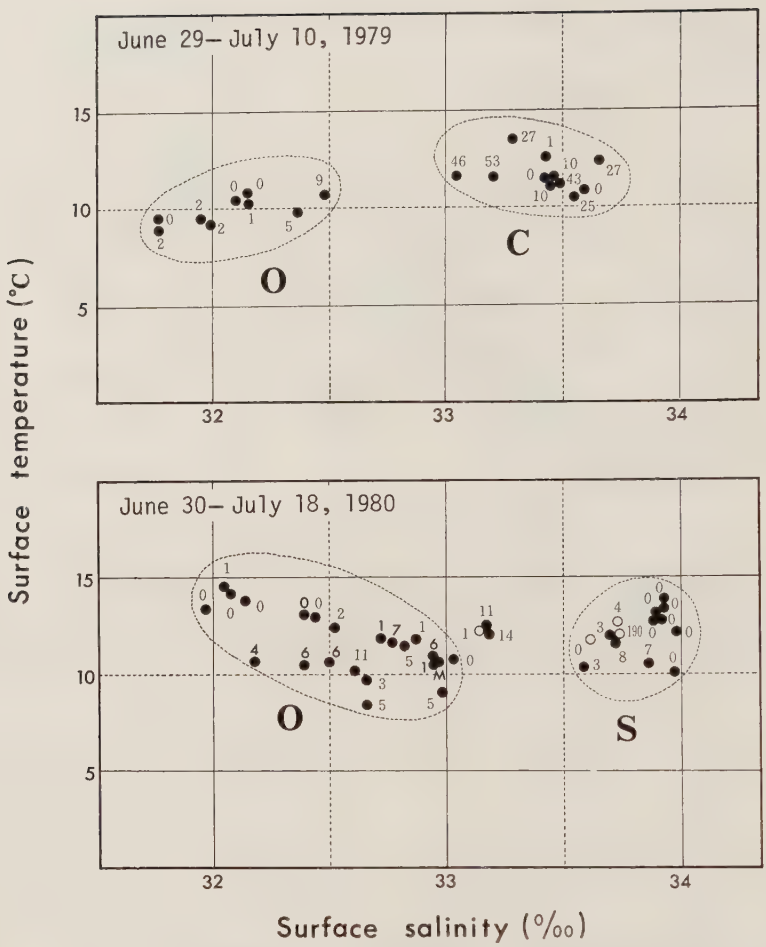


Fig. 39. 1979年と1980年の網走湾およびその隣接海域における表層の水塊区分とサケおよびカラフトマス稚魚の尾数．黒丸はタモ網採集地点，数字は集魚灯点灯30分間の稚魚の目視数．白丸はまき網による採集地点，数字はサケ稚魚の採集尾数を示す．Mは稚魚多数．
O：オホーツク海表層水，C：沿岸水，S：宗谷暖流水
Surface water masses and number of juvenile chum and pink salmon in Abashiri Bay and adjacent waters in 1979 and 1980. Closed circles are spoon net sampling stations and numbers are juvenile salmon observed during half-hour lightings of fish lamp. Open circles are sampling stations by purse seine and numbers are juvenile chum salmon collected. M: many juvenile salmon, O: Okhotsk Surface Water, C: Coastal water, S: Soya Warm Water.

大きさは尾叉長3～4cm前後で，ごく沿岸からより沖合へ分布を広げる頃の大きさは，尾叉長6～7cm前後であると考えられる．また，尾叉長8cm以上の稚魚は採集尾数が減少していることから（Table 14），徐々に移動を始めているものと推察される．さらに，網走湾海域で採集されたサケ稚魚の最大尾叉長は11.6cmで，それより東の択捉島沖には尾叉長12～14cmの大型のサケ稚魚が多数分布したことから（Fig. 38），網走湾海域を離れた稚魚が東に移動して知床半島沖から択捉島沖にかけて分布する可能性が示唆される．

一方，6月下旬～7月に網走湾海域に分布したサケ稚魚はすべてが網走湾沿岸で放流されたものとは限ら

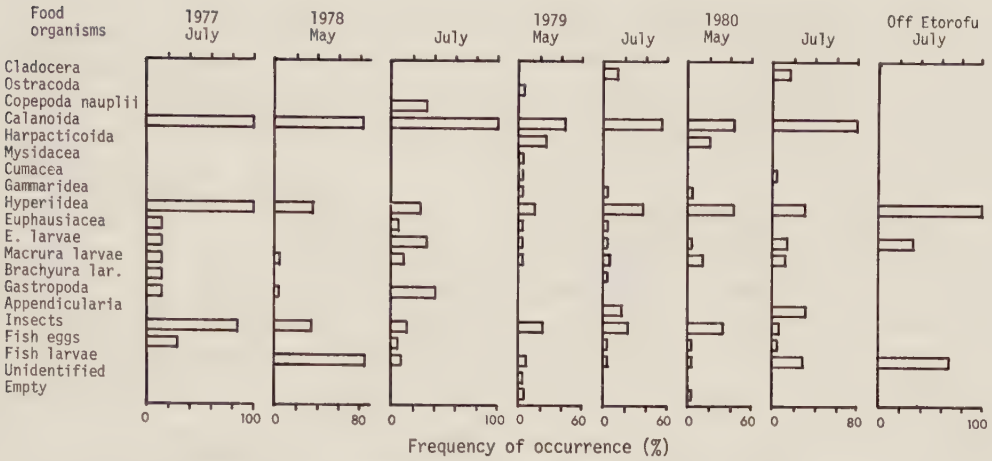


Fig. 40. 1977～1980年に網走湾およびその隣接海域で採集されたサケ稚魚の胃内容物の出現率
Food organisms in the stomachs of juvenile chum salmon collected in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1980.

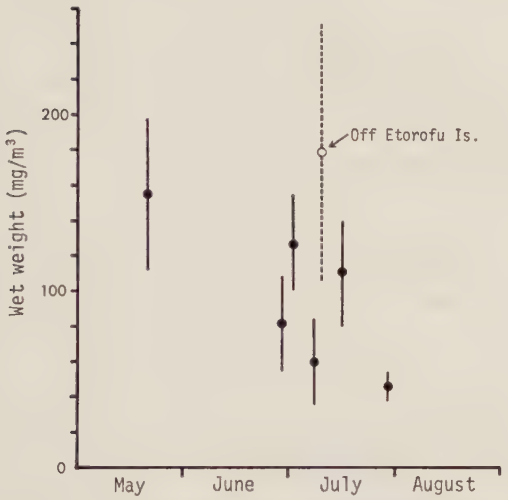


Fig. 41. 1977～1980年に網走湾およびその隣接海域においてNORPACネットの鉛直びきにより推定された昼間の下層（150m以浅層）の動物プランクトン現存量の時期的変化．黒丸および白丸は平均値，縦線は95%信頼区間
Seasonal changes in zooplankton biomass in the upper 150m waters during daytime estimated from vertical hauls with a NORPAC net in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1980. Closed and open circles indicate mean values, and vertical solid and dotted bars are the 95% confidence intervals.

ない．真山ら[29]および加藤[73]によれば，4月上旬に石狩川から放流された標識魚が6月中旬に宗谷沿岸で平均尾叉長8.7cmに，また，6月下旬に網走湾で平均尾叉長12.8cmに成長して再捕された．今回の調査では，1980年7月3日にまき網で尾叉長8.1～11.6cm，平均尾叉長9.7cmの群が1網で183尾まとまって採集された．これらの稚魚群を含め今回網走湾で採集された稚魚の中には，日本海沿岸あるいは北部の北海道オホーツク海沿岸で放流された稚魚が混じっている可能性がある．

今回の調査結果から，サケ稚魚の分布と海況条件との密接なかかわり合いが示唆された．すなわち，網走湾海域においては，サケ稚魚が最初に生活するのは低温・低塩分の沿岸水であり，高塩分の宗谷暖流水が南下してきて，それまで岸ぞいに広く表層を覆っていた沿岸水にとって代わる頃になると，稚魚は宗谷暖流水中でも比較的低温・低塩分の部分，あるいは沖合のオホーツク海表層水中の比較的低温・高塩分の部分に分布するようになるものと推察される．その間，稚魚が主に分布した表面の水温および塩分はそれぞれ5～14℃および32.0～33.9‰の範囲で，とりわけ水温10～13℃，塩分32.3～33.8‰，密度（σ_t）24.8～25.8の範囲に多く出現した．また，網走湾におけるサケ稚魚の分布の盛期である6月下旬～7月上旬に，稚魚が分布した地点の表面の水温，塩分およびσ_tの平均値は，それぞれ11℃，32.9‰，および25.2であった．上述のように，大部分のサケ稚魚が網走湾沿岸から姿

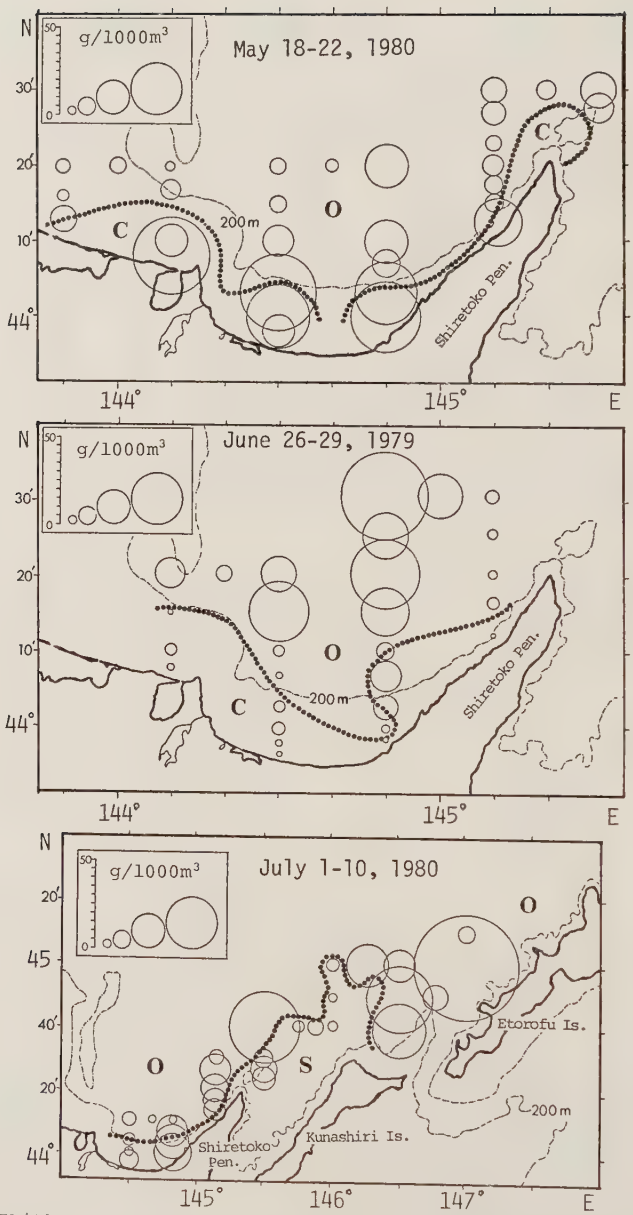


Fig. 42. 1979年と1980年の網走湾およびその隣接海域における水深150m以浅層の動物プランクトン現存量の分布と表層の水塊配置．動物プランクトン現存量は NORPAC ネットの鉛直びきにより推定された．点線は水塊の境界を示す．O:オホーツク海表層水，C：沿岸水，S：宗谷暖流水

Distribution of zooplankton biomass in the upper 150m water column and surface water masses in Abashiri Bay and adjacent waters in 1979 and 1980. Zooplankton biomass was estimated from vertical hauls with a NORPAC net. Dotted lines are the boundaries between water masses. O :Okhotsk Surface Water, C:Coastal water, S:Soya Warm Water.

を消す時期は7月中旬頃と推察されたが，その時期は年々の海況条件の変化とも密接に関連していて，年によって多少とも変化することが示唆された．調査した4年間のうちでも，1979年は他の年に比べて海況の推移（宗谷暖流の南下）が遅れ，7月中旬近くでもまだ表層は沿岸水が卓越していて，多くのサケ・マス稚魚の分布が見られた（Fig. 36）．

調査の結果，サケ稚魚の分布と餌料条件との密接な関連が示唆された．これまでオホーツク海の動物プランクトン現存量に関しては，断片的な知見がわずかにあるだけで[70,74,75]，季節変化や地理的分布および昼夜による採集量の差異についてはほとんど知見がなかったが，今回の調査によってその一端が明らかになった．すなわち，網走湾海域では，5月中旬～8月上旬には時期が遅くなるに従って動物プランクトンの現存量が減少する傾向が認められた（Fig. 41）．また，餌料条件は，5月中旬～下旬には沖合より沿岸水が分布する岸寄りほど良好で，6月下旬には逆に沿岸よりオホーツク海冷水が分布する沖合寄りほど良好になり，さらに，7月上旬には宗谷暖流水が分布する網走湾海域よりオホーツク海冷水が分布する択捉島沖の方が良好になることを間接的に示唆する調査結果（Figs. 41, 42）が得られた．

今回は，サケ稚魚が主に生活すると考えられる表層近くの餌料動物プランクトンの分布に関する調査は十分ではなかったが，わずかに得られた表層のプランクトン組成の調査結果（Suppl. tables 11, 12）によると，多くの地点において撓脚類が個体数の上で大きな割合を占め，中でも *Calanus plumchrus* が重量で上位を占めた．また，時期や地点によってはクラゲノミ類など撓脚類以外の生物群が大きな割合を占める場合があり，とくに7月には枝角類あるいは尾虫類が多い地点があった．これらの結果は，前述のサケ稚魚の胃内容物組成（Suppl. table 9, Fig. 40）とよく対応するものである．また，稚魚が主に食べていた *Calanus plumchrus* と *Parathemisto japonica* は，竹内[76]によればオホーツク海を含む北太平洋に最も普通で量的にも多い種である．従って，上述の動物プランクトンの地理的分布の時期的変化はサケ稚魚の餌料生物の分布を反映しているものと推察され，サケ稚魚の分布域は良好な餌料条件の海域とよく一致する形で時期的に変化していると考えられる．

以上の結果から，網走湾海域においては，サケ稚魚は表面水温14℃以下，表面塩分34‰以下，主として10～13℃および32.3～33.8‰の水温および塩分条件の下で生活し，7月上旬～中旬になり宗谷暖流水の南下および昇温とともに餌料動物プランクトンの減少が起こる頃には，稚魚は餌料条件のより良好な東方の国後島沖～択捉島沖海域に移動するものと推察される．一方，これまでサケ稚魚が沿岸域から姿を消すのは水温が直接的な制限要因と考えられてきたが，今回得られた知見によって，それが単に水温との関係を表すのではなく，水塊の変化およびそれに伴う餌料条件の変化を内包するものであることが示唆された．

第4章　太平洋沿岸海域におけるサケ稚魚の分布と海況および餌料条件

第1章および第2章で，釧路沿岸の小港と釧路の地先沿岸におけるサケ稚魚の分布について論じたが，ここでは，さらに沖合まで範囲を広げて，北海道沖から東北沖にかけての太平洋海域において稚魚の分布調査を行い，得られた調査結果に基づき，稚魚の分布と海況および餌料条件との関連について総合的に検討する．なお，著者は先に，太平洋海域におけるサケ稚魚の分布と回遊について得られた知見の一部を報告した[77,78]．また，これまで，この海域での稚魚の分布や生態に関しては，定置網が設置された範囲の，ごく沿岸域での知見[23-25]があるに過ぎない．

材料および方法

調査は東北の八戸沖から北海道の根室半島沖にかけての海域で行った．調査海域の範囲をFig. 43に示した．1981～1985年の5～8月に，年2航海ずつ，延べ10航海，計100日間の調査を実施した．調査船

は採海丸（北水研所属，新船，157トン），若潮丸（北海道教育庁所属，200トン）および俊鷹丸（遠洋水研所属，393トン）を用いた．調査海域および調査点は一定しておらず，航海ごとに若干異なった．航海ごとに調査海域全域にわたる海洋観測を実施して海況を把握するとともに，サケ稚魚の採集および動物プランク

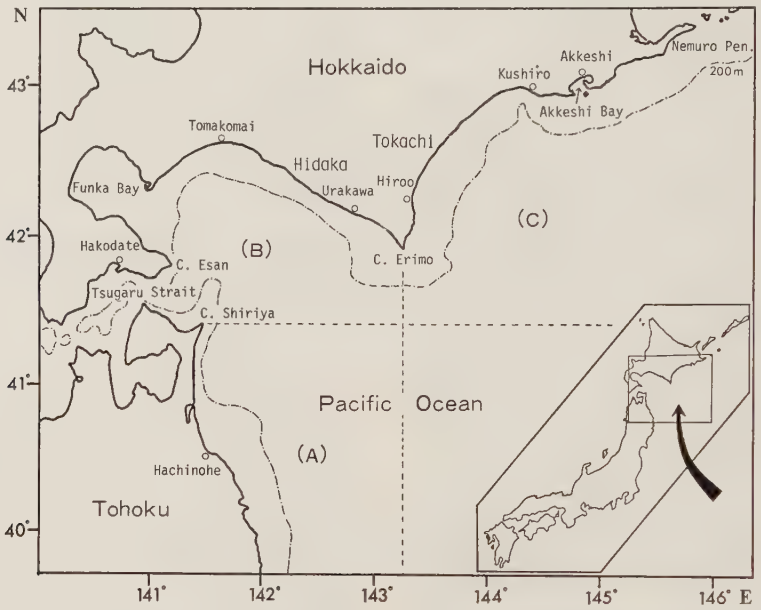


Fig. 43. 1981～1985年の北日本の太平洋海域におけるサケ稚魚の調査範囲．A：東北沖，B：えりも岬以西，C：えりも岬以東（道東）
Areas surveyed for juvenile chum salmon off northern Japan in the Pacific Ocean, 1981–1985. A: Off Tohoku, B: West of Cape Erimo, C: East of Cape Erimo.

Table 17. 1981～1985年に北日本の太平洋海域において実施したサケ稚魚調査一覧．数字は調査地点数
Summary of investigations of juvenile chum salmon off northern Japan in the Pacific Ocean, 1981–1985. Numbers indicate stations where surveys were conducted. Spoon net and angling were operated under fish lamp lighting.

Cruise No.	Year	Period	Survey area	Spoon net	Angling	Purse seine	NORPAC net	MTD net	Oceano-graphic observation
1	1981	June 2–15	Off Tomakomai–Nemuro Pen.	22	—	—	56	21	67
2	1981	July 6–19	Off Tomakomai–Nemuro Pen.	43	—	—	86	40	89
3	1982	May 25–June 6	Off Cape Esan–Nemuro Pen.	18	—	18	68	134	70
4	1982	June 22–July 5	Off Hachinohe–Nemuro Pen.	26	—	4	54	25	58
5	1983	June 15–24	Off Hachinohe–Nemuro Pen.	20	—	—	49	52	52
6	1983	July 5–19	Off Hachinohe–Nemuro Pen.	32	—	24	65	65	65
7	1984	May 22–26	Off Cape Esan–Hachinohe	11	—	5	24	24	24
8	1984	July 5–11	Off Cape Erimo–Akkeshi	17	8	4	41	41	49
9	1985	May 20–24	Off Cape Esan–Hachinohe	11	—	4	24	24	24
10	1985	August 3–9	Off Hiroo–Nemuro Pen.	18	—	—	52	52	52
Total				218	8	59	519	378	550

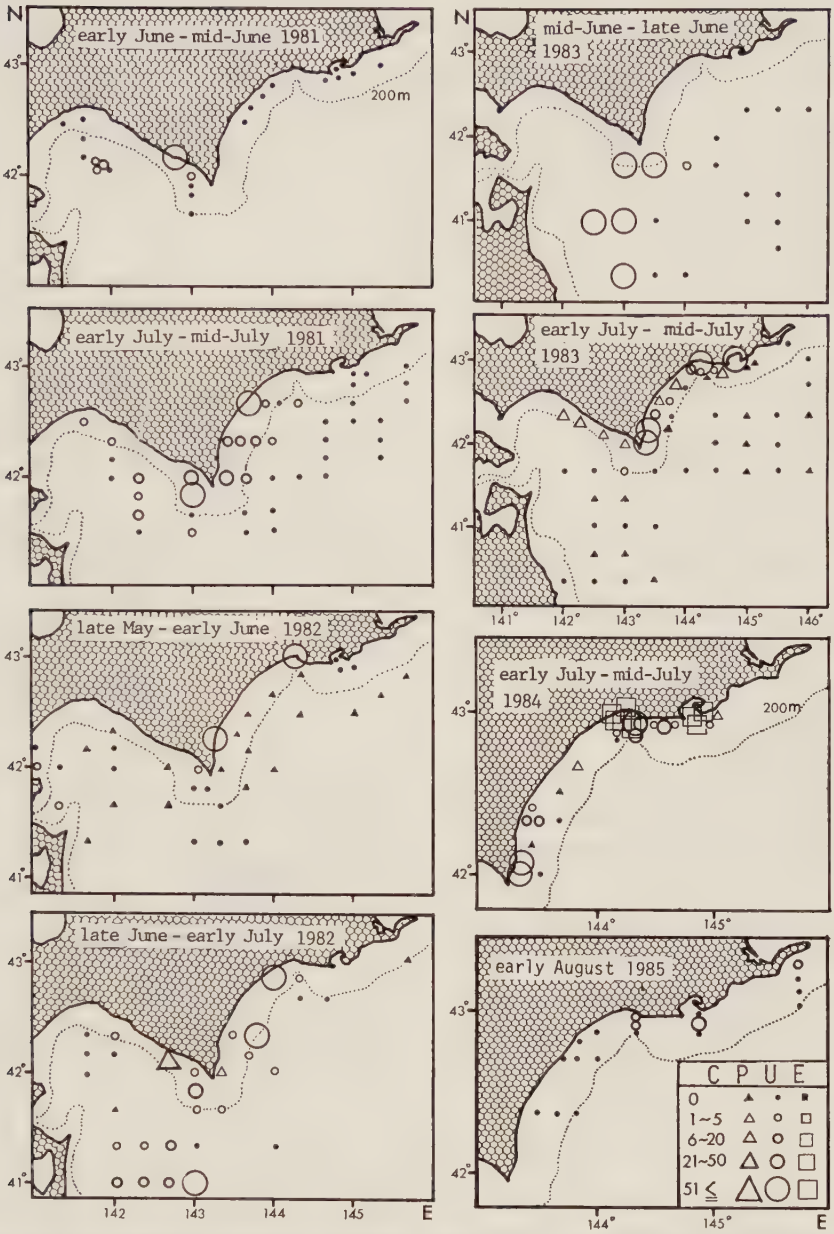


Fig. 44. 1981～1985年の太平洋海域における航海別，採集方法別のサケ稚魚のCPUEの分布．採集方法は集魚灯とタモ網（丸印），まき網（三角印），および集魚灯と釣り（四角印）．タモ網採集では逃がした稚魚の数を含む

Distribution of juvenile chum salmon catch per unit of effort by cruise in the Pacific Ocean, 1981–1985. Samplings were by spoon net (circles), purse seine (triangles), and angling (squares). Juveniles which escaped from the spoon net are also included.

Table 18. 1981～1985年に太平洋海域で採集されたサケおよびカラフトマス稚魚の採集方法別の個体数と尾叉長範囲
Results of collection of juvenile chum and pink salmon by sampling method in the Pacific Ocean, 1981-1985.

Sampling method	Total number of trials	*Oncorhynchus keta*		*Oncorhynchus gorbuscha*	
		Total catch in number	FL range of samples(cm)	Total catch in number	FL range of samples(cm)
Spoon net	218	918	3.3-14.1	17	3.6-10.9
Angling	8	890	6.8-13.1	7	8.7-11.7
Purse seine	59	123	8.8-12.8	—	—
Total	285	1,931	3.3-14.1	24	3.6-11.7

トンの採集を行った．なお，調査船の寄港時に港内でも稚魚の採集を行った．

サケ稚魚の採集はタモ網（集魚灯，500W×5，または1kW×4），釣り（集魚灯），およびまき網（浮子方長117 m，最大網丈14 m，魚捕部目合10 mm，または浮子方長さ170 m，網丈37 m，魚捕部目合10 mm，または浮子方長さ273 m，網丈44 m，魚捕部目合18 mm）の3種類の方法で行った．採集方法の詳細は第2章および第3章で述べたものと同様である．なお，網丈37 mおよび44 mのまき網は構造上は無嚢である．また，1回の操業には約30分を要し，水深40m以浅の海域では操業しなかった．

航海別の調査海域と調査回数の概要を Table 17 に示した．タモ網（集魚灯）調査は計218回，釣り（集魚灯）調査は計8回，また，まき網操業は計59回実施した．採集したサケ稚魚の総数は1,931尾，カラフトマス稚魚は24尾であった．採集方法別のサケ・マス稚魚の採集尾数と尾叉長範囲を Table 18 に示した．

稚魚の胃内容物の分類項目は第3章で述べたものと同様である．また，海洋観測は10航海合わせて計550点で実施した．調査内容および方法は第2章で述べたものと同様である．

プランクトン採集は，NORPAC ネット（口径45 cm，NGG 54）の水深150 m（ごく一部は水深30 m）からの鉛直びきを計519回，MTD ネット（口径56 cm，NGG54）の表層水平びきを計378回実施した．採集方法および採集物の処理方法の詳細は第2章および第3章で述べたものと同様である．

なお，稚魚の分布は年々の環境条件の変化によって影響を受けることが予想されるが，ここでは，5年間の調査期間中には年によって環境条件に著しい変化がなかったという仮定のもとで，5年間の調査結果を総合して，5～8月の調査期間を5月下旬～6月上旬，6月中旬～下旬，7月上旬～中旬，および7月下旬～8月上旬の四つの時期に区分し，さらに，調査海域を東北沖，えりも岬以西，および道東の三つの海域に便宜的に区分して（Fig. 43），以下の解析を行った．

上述のように，サケ稚魚に混じってカラフトマス稚魚もわずかに採集されたが，カラフトマスの採集尾数はサケに比べて極めて少なく，また，カラフトマスが単独で採集された場合は一度もないので，以下の解析はほとんどすべてサケ稚魚に関したものである．

結　果

1. 稚魚の地理的分布の時期的変化

サケ稚魚の地理的分布に関する航海ごとの調査結果を Fig. 44 に示した．さらに，サケ稚魚の時期的な分布の変化を Fig. 45 に示した．ただし，稚魚の分布密度の基準としては，タモ網採集による単位努力量当たりの採集尾数（逃避尾数を含む）およびまき網1操業当たりの採集尾数を用いた．

5月下旬～6月上旬には，北海道太平洋沿岸の各地の港を中心として，岸近くに多数のサケ稚魚が分布した．同時期，沖合海域にはほとんど稚魚の分布が見られず，わずかに日高沖，津軽海峡東口，および東北沿岸に少数の分布が認められたに過ぎなかった．6月中旬～下旬には，東北の八戸沖にまとまった稚魚の分布が認められ，その分布は北海道のえりも岬沖に連なる

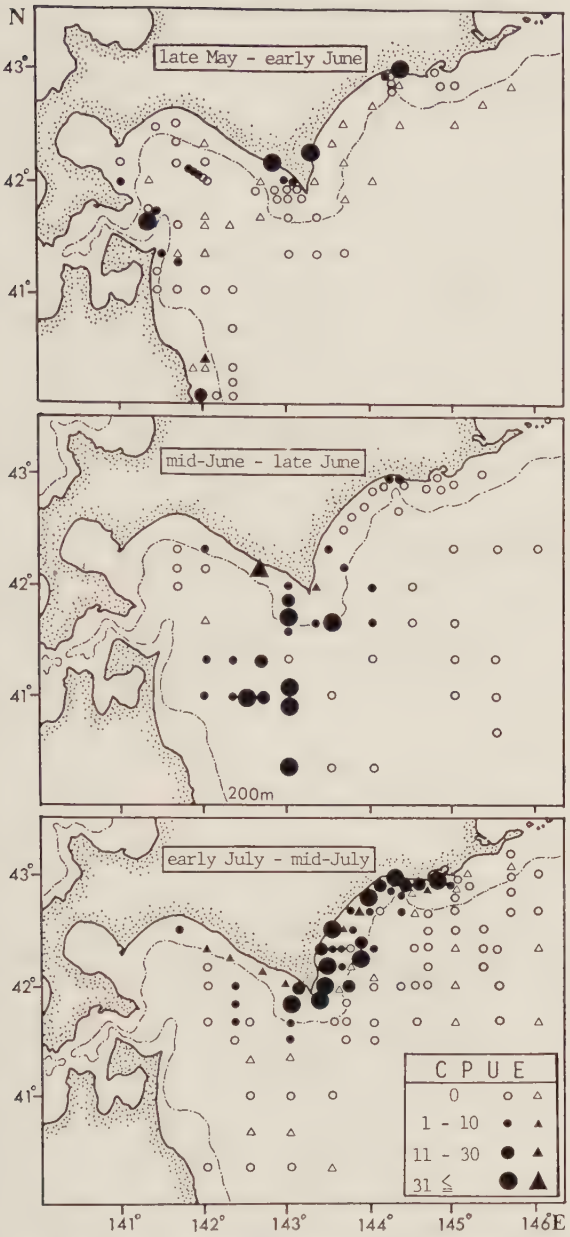


Fig. 45. 1981～1985年の太平洋海域におけるタモ網採集（丸印）およびまき網採集（三角印）によるサケ稚魚の分布の時期的変化．タモ網採集では逃がした稚魚の数も含む
Seasonal changes in distribution of juvenile chum salmon taken by the spoon net sampling (circles) and purse seine (triangles) in the Pacific Ocean, 1981 1985. Data obtained in cruises 1-9 were combined.

ように見えた．また，北海道の沿岸では，浦河から広尾にかけての陸棚の範囲および釧路前浜の海域に，ややまとまった稚魚の分布が認められた．同時期，道東の沖合海域には稚魚の分布が認められなかった．7月上旬～中旬には，日高から厚岸にかけての陸棚の範囲に多数の稚魚の分布が認められ，とくに岸寄りに分布が多かった．同時期，八戸沖の稚魚の分布はすでに消滅し，道東の沖合海域にも依然として稚魚の分布が認められなかった．7月下旬～8月上旬には，釧路から根室半島にかけてのごく岸寄りの海域に少数の稚魚の分布が認められただけであった（Fig. 44）．

以上のように，5月下旬～7月中旬にかけては，時期が遅くなるに従って，サケ稚魚の主な分布域はえりも岬以西あるいは東北沖海域から道東海域へ移る傾向が認められた．

2. 稚魚の大きさと分布密度の地理的および時期的変化

採集したサケ・マス稚魚の航海別の尾叉長組成をTable 19 に示した．サケ稚魚の尾叉長は全体としては3.3～14.1 cmの範囲にあった（Table 18）．中でも，尾叉長8～12 cmの個体の採集尾数が全体の83%を占めて多く，尾叉長13cm以上の個体の採集尾数は極めて少なかった．一方，カラフトマス稚魚の採集尾数はサケ稚魚の約1%と少なく，尾叉長は3.6～11.7 cmの範囲であった（Table 18）．

次に，港内を除く外海で採集したサケ稚魚の海域別および時期別の尾叉長範囲と平均尾叉長を，タモ網採集による単位努力量当たりの採集尾数（CPUE）とともに Table 20 に示した．外海では尾叉長範囲 3.8～14.1 cmの稚魚が採集された．表には示していないが，5月下旬～6月上旬に北海道の太平洋沿岸の浦河，広尾，および釧路の各港内で採集した稚魚の尾叉長は3～6 cmで，それより沖合で採集した稚魚に比べて著しく小型であった．同時期でみた場合，5月下旬～6月上旬を除くと，採集標本の尾叉長範囲および平均尾叉長には，海域によって大きな差異は認められなかった．また，同一海域では，東北沖を除くと，時期が遅くなるに従って大型の個体が採集され，平均尾叉長も大きくなった．ただし，道東では7月下旬～8月上旬には，その前の時期に比べていく分小型の個体が採集された．また，えりも岬以西では5月下旬～6月上旬

Table 19. 1981～1985年に太平洋海域で採集されたサケおよびカラフトマス稚魚の航海別の尾叉長組成
Size composition of juvenile chum and pink salmon collected in the Pacific Ocean, 1981-1985.

Fork length(cm)	Cruise number									Total
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	
Oncorhynchus keta										
3- 4	6		40	1						47
4- 5	3	3	57	7						70
5- 6	4	4	12	4						24
6- 7		4	2	3		8	2	1		20
7- 8		5	1	14		8	35	4		67
8- 9	1	12	1	22	42	29	87	20	10	224
9-10	2	27	2	9	156	75	196	9	25	501
10-11	1	17		30	9	63	364	6	5	495
11-12	1	6		30	1	18	329	6		391
12-13		2		26		4	53			85
13-14	1			4			1			6
14-15				1						1
Total	19	80	115	151	208	205	1,067	46	40	1,931
Oncorhynchus gorbuscha										
3- 4			4							4
4- 5			7							7
5- 6							1			1
6- 7							1			1
7- 8							1			1
8- 9							1	1		2
9-10							2			2
10-11							5			5
11-12							1			1
Total			11				12	1		24

Table 20. 1981～1985年に太平洋海域でタモ網により採集されたサケ稚魚の海域別，時期別の大きさおよび CPUE
Size and CPUE of juvenile chum salmon taken by the spoon net sampling, by area and period in the Pacific Ocean, 1981-1985.

Area	Period	late May—early June	mid-June—late June	early July—mid-July	late July—early August
Cape Esan—	FL range(cm)	3.8 - 13.6	5.3 - 10.3	4.7 - 12.8	—
Cape Erimo	Average FL(No.)	8.6 (55)	9.1 (58)	10.5 (124)	—
(West of Erimo)	CPUE (Effort)	1.2 (23)	5.5 (8)	5.6 (15)	—
Cape Erimo—	FL range(cm)	3.9 - 7.2	4.9 - 12.5	4.7 - 14.1	7.8 - 10.3
Nemuro Pen.	Average FL(No.)	5.3 (19)	8.6 (53)	10.2(1,437)	9.0 (15)
(East of Erimo)	CPUE (Effort)	1.6 (7)	2.8 (26)	9.4 (90)	2.7 (15)
Simokita Pen.	FL range(cm)	6.2 - 11.9	6.4 - 11.0	—	—
—Hachinohe	Average FL(No.)	10.1 (15)	8.9 (169)	—	—
(Off Tohoku)	CPUE (Effort)	2.1 (21)	6.5 (25)	0 (5)	—

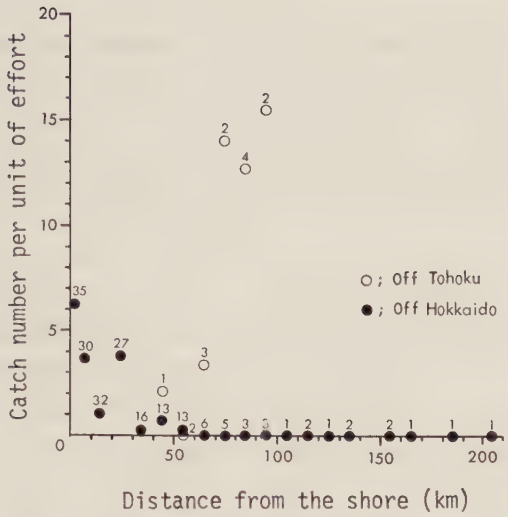


Fig. 46. 1981～1985年の太平洋海域における距岸距離に対するタモ網採集によるサケ稚魚のCPUE．図中の数字は網数
CPUE of juvenile chum salmon by the spoon net sampling plotted against distance from the shore at sampling stations in the Pacific Ocean, 1981-1985. Numerals show the number of samplings.

に採集された少数の大型稚魚の大きさが，それより1～2カ月後に同海域で採集された稚魚の大きさとほとんど同じか，それより大きかったことは注目される．

海域および時期による相対的なサケ稚魚の分布密度をCPUE（Table 20）を基準に比較すると，海域ごとの平均値では，道東，東北沖，えりも岬以西の順に分布密度が高い傾向が認められた．一方，時期的には，えりも岬以西海域では6月中旬から7月中旬にかけて，稚魚の分布密度が高い値を示した．また，道東海域では稚魚の分布密度は5月下旬以降，時期が遅くなるに従って増加し，7月上旬～中旬に最も高くなった後，7月下旬～8月上旬に急激に減少した．東北沖では6月中旬～下旬に稚魚の分布密度が最も高くなった．

3. 距岸距離と稚魚の分布

全航海の調査結果を用いて，10㎞間隔で区分した最寄りの陸地からの距岸距離と，サケ稚魚のCPUEの平均値との関係をFig. 46に示した．これによると，

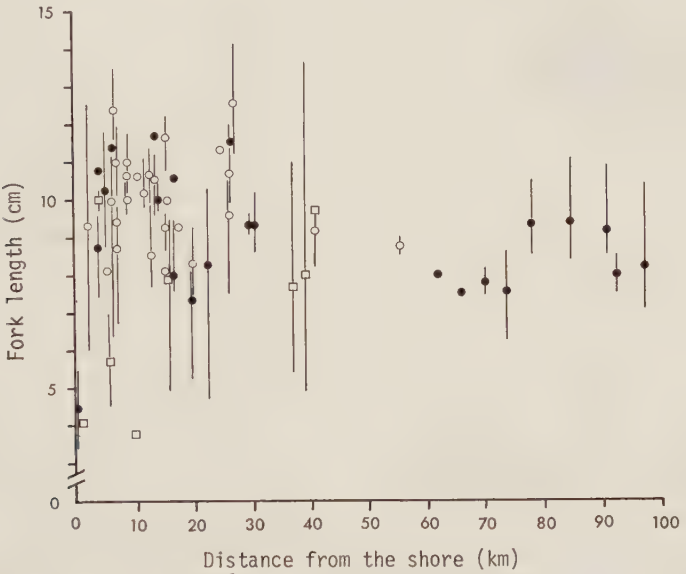


Fig. 47. 1981～1985年の太平洋海域における距岸距離に対するサケ稚魚の大きさ．5月下旬～6月上旬（四角），6月中旬～6月下旬（黒丸），および7月上旬～7月中旬（白丸）．各印は平均尾叉長，縦線は尾叉長範囲
Size of juvenile chum salmon and distance from the shore in the Pacific Ocean in 1981-1985. Samples were taken in late May—early June (open squares), mid-June—late June (closed circles), and early July—mid-July (open circles). Average lengths with vertical bars indicating the range of actual lengths.

距岸 200km に及ぶ調査範囲内では，およそ 100km以内にサケ稚魚の分布が認められた．北海道の太平洋側の海域では，距岸約 60km 以内に稚魚の分布が認められ，とくに距岸約 30km 以内に分布密度の高い傾向が認められた．一方，東北海域では距岸約 70〜100 km の沖合に高密度の稚魚の分布が認められ，距岸距離でみた場合には北海道沖と様相を異にした．以上のことから，サケ稚魚は巨視的には陸地にそって分布し，北海道沿岸では岸寄りほど分布密度が高いものと推察される．

次に，5月下旬〜7月中旬の調査結果を用いて，距岸距離によるサケ稚魚の尾叉長の変化を時期別に Fig. 47 に示した．これによると，5月下旬〜6月上旬には，岸寄りほど小型個体が多い傾向が認められた．ところが，6月中旬〜下旬には，尾叉長 8 cm以上の個体が距岸 3 kmの岸寄りから距岸約 100km の沖合まで広く分布し，岸寄りの方がむしろより大型の個体が多い傾向が認められた．ただし，距岸 60〜100km の材料は東北沖のものである．一方，7月上旬〜中旬には，ほとんどの個体が尾叉長 8 cm 以上であったが，距岸距離と尾叉長の間には明瞭な関係が認められなかった．

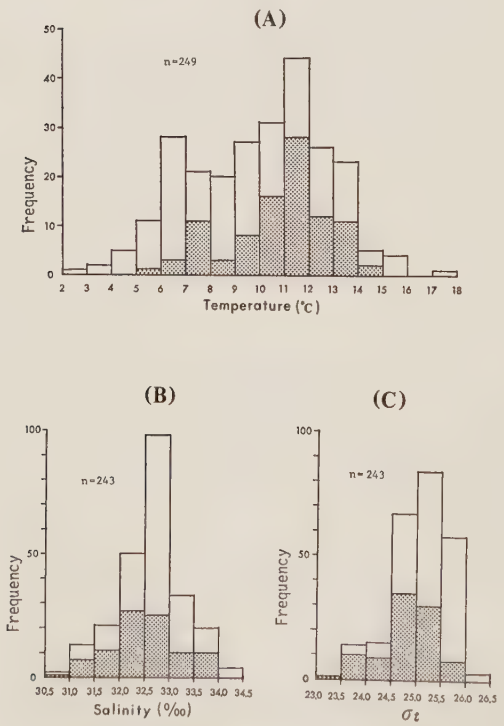


Fig. 48. 1981〜1985年の太平洋海域のサケ稚魚調査地点における表面の水温（A），塩分（B）およびσ_t（C）．影の部分は稚魚が出現した頻度を示す
Frequency distribuiton of surface temperature (A), salinity (B), and σ_t (C) at sampling stations in the Pacific Ocean, 1981-1985. Shading shows the incidence of the juveniles.

4. 稚魚の分布と海況条件

5年間の調査結果を総合して，稚魚調査地点の表面水温，塩分および密度(σ_t)の頻度分布と，そのうちでサケ稚魚が出現した地点の頻度分布を区別して Fig.

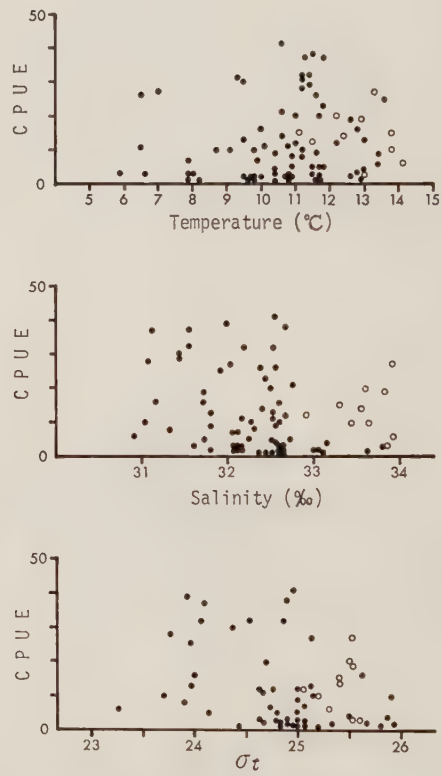


Fig. 49. 1981〜1985年の太平洋海域におけるタモ網採集によるサケ稚魚の CPUE と稚魚採集地点の水温，塩分およびσ_t．黒丸は北海道沖，白丸は東北沖
CPUE of juvenile chum salmon by the spoon net sampling plotted against the surface temperature, salinity, and σ_t at sampling stations in the Pacific Ocean, 1981-1985. Closed circles are off Hokkaido and open circles off Tohoku.

48 に示した．稚魚の出現頻度は調査地点の水温，塩分および σ_t の頻度分布にほぼ比例していた．水温では，調査地点のそれは 2.4～17.7℃ の範囲であり，稚魚が出現したのは 5.9～14.1℃ の範囲であった．そして，とりわけ水温10～12℃での出現頻度が高かった．塩分では，調査地点のそれは 30.5～34.3‰ の範囲であり，稚魚が出現したのは 30.9～33.9‰ の範囲であった．そして，とりわけ塩分 32.0～33.0‰ での出現頻度が高かった．σ_t では，調査地点のそれは 23.2～26.4 の範囲であり，稚魚が出現したのは 23.2～25.8 の範囲であった．そして，とりわけ σ_t 24.5～25.5 での出現頻度が高かった．

さらに，北海道沖と東北沖を区別し，タモ網採集によるサケ稚魚の CPUE と採集地点の水温，塩分および σ_t との関係を Fig. 49 に示した．CPUE は水温 10～12℃，塩分 31.0～32.8‰，σ_t 24～25 でとりわけ高い値を示した．また，東北沖は水温，塩分，および σ_t とも，北海道沖に比べて若干高い傾向が認められた．

次に，5月中旬～7月中旬の調査期間を三つの期間に区分し，海域別および時期別にサケ稚魚が出現した地点の表面の水温，塩分および σ_t のそれぞれの範囲と平均値を Table 21 に示した．これによると，北海道沖でサケ稚魚が出現した地点の表面の水温，塩分

Table 21. 1981～1985年の太平洋海域においてサケ稚魚が出現した地点の海域別，時期別の表面水温，塩分および σ_t
Temperature, salinity, and σ_t of surface water where juvenile chum salmon occurred, by area and period in the Pacific Ocean, 1981-1985.

Area	Factor	Period	late-May—early June				mid-June—late June				early July—mid-July			
			Range	Average	S.D.	No.	Range	Average	S.D.	No.	Range	Average	S.D.	No.
Off Tohoku	Temperature (°C)		9.1-10.1	9.6	0.36	5	11.1-14.1	12.7	0.94	10				
	Salinity (‰)		33.0-33.6	33.5	0.32	5	32.9-33.9	33.6	0.34	10				
	σ_t		25.7-26.3	25.9	0.13	5	25.1-25.6	25.4	0.17	10				
West of Cape Erimo	Temperature (°C)		5.9- 8.0	7.5	0.77	8	10.7-11.7	11.3	0.45	5	9.5-14.0	11.8	1.22	13
	Salinity (‰)		31.6-32.1	32.0	0.17	8	31.7-33.1	32.4	0.48	5	31.1-33.3	32.4	0.73	13
	σ_t		24.9-25.2	25.0	0.10	8	24.1-25.3	24.7	0.43	5	23.7-25.3	24.6	0.43	13
East of Cape Erimo	Temperature (°C)		6.9-10.8	8.5	1.28	18	6.5-11.9	9.3	2.54	6	7.0-13.9	11.2	1.38	49
	Salinity (‰)		31.8-32.6	32.2	0.19	14	31.5-33.1	32.5	0.51	6	30.9-33.5	32.3	0.60	49
	σ_t		24.3-25.5	24.9	0.32	15	24.3 25.8	25.1	0.56	6	23.2-25.5	24.7	0.52	49

および σ_t は，5月下旬～6月上旬にはそれぞれ 5.9～10.8℃，31.6～32.6‰，および 24.3～25.5 で，6月中旬～下旬には 6.5～11.9℃，31.5～33.1‰，および24.1～25.8 で，7月上旬～中旬には 7.0～14.0℃，30.9～33.5‰，および 23.2～25.5 であった．一方，東北沖では，5月中旬～下旬にはそれぞれ 9.1～10.1℃，33.0～33.6‰，25.7～26.3 で，6月中旬～下旬には 11.1～14.1℃，32.9～33.9‰，および 25.1～25.6 であった．同一海域では時期が遅くなるに従って，稚魚が出現した水温の値は高くなり，それとは逆に σ_t の値は小さくなる傾向がわずかに認められた．また，同一時期で比較すると，6月中旬～下旬では，稚魚が出現した水温の値は，東北沖，えりも岬以西，道東の順に高く，塩分および σ_t の値は，東北沖，道東，えりも岬以西の順に高い傾向がわずかに認められた．

5. 稚魚の分布と水塊

ここでは，大谷[79]，駒木ら[80]，藤井・阿部[81]および大谷・村上[82]などを参考にして，表層の水塊区分を行い，サケ稚魚の分布と水塊との関連について検討した．代表例として，1982年5月下旬～6月上旬，同年6月下旬～7月上旬，および1983年の7月上旬～中旬の場合を取り上げ，海洋観測地点および稚魚調査地点の表面の水温と塩分を T-S ダイヤグラムで Fig. 50 に示した．黒丸はそのうちで稚魚が出現した地点を示す．各時期とも沿岸水，親潮系水，混合水および暖流系水の四つの水塊が認められた．ただし，ここで言う沿岸水は，大部分は親潮沿岸水[79]あるいは沿岸親潮水[83]と呼ばれているもので，千島列島南部から流出した低塩分な親潮系水[84]である．また，混合水は暖流系水と親潮系水とが混じり合ったものである．

1982年の5月下旬～6月上旬には，低塩分の沿岸

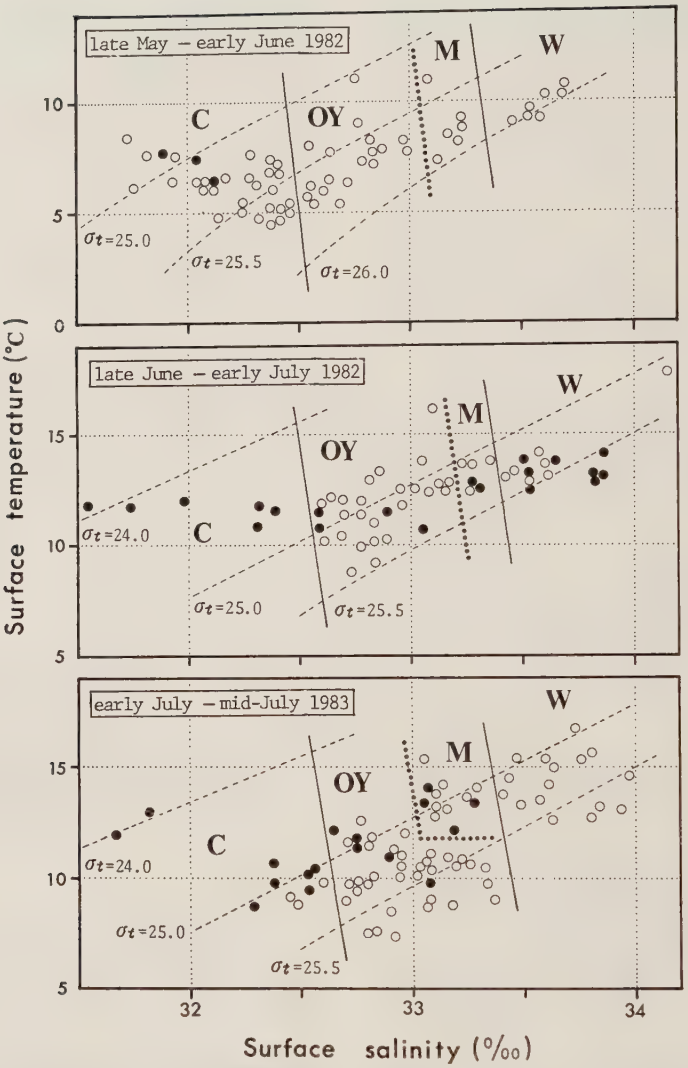


Fig. 50. 1982年および1983年の太平洋海域における表層のT–Sダイヤグラムと水塊区分．黒丸はサケ稚魚の出現地点，白丸は海洋観測地点，実線と点線は水塊の境界を示す．C：沿岸水，OY：親潮系水，M：混合水，W：暖流系水
T–S diagram and surface water masses in the Pacific Ocean in 1982 and 1983. Closed circles are stations where juvenile chum salmon were recorded and open circles are stations where oceanographic observations were made. Solid and dotted lines are water mass boundaries. C : Coastal water, OY : Oyashio Water, M : Mixed water, W : Warm water.

水中にわずかに稚魚の分布が認められた．また，同年6月下旬～7月上旬には，沿岸水から親潮系水，混合水および暖流系水にかけて，広い塩分範囲にわたって連続的に稚魚の分布が認められた．ただし，暖流系水中で稚魚が分布したのは塩分33.9‰以下の低塩分部分であった．このことは，図には示さなかったが1983年6月中旬～下旬の調査結果でも同様であった。1983年7月上旬～中旬には，沿岸水，親潮系水およ

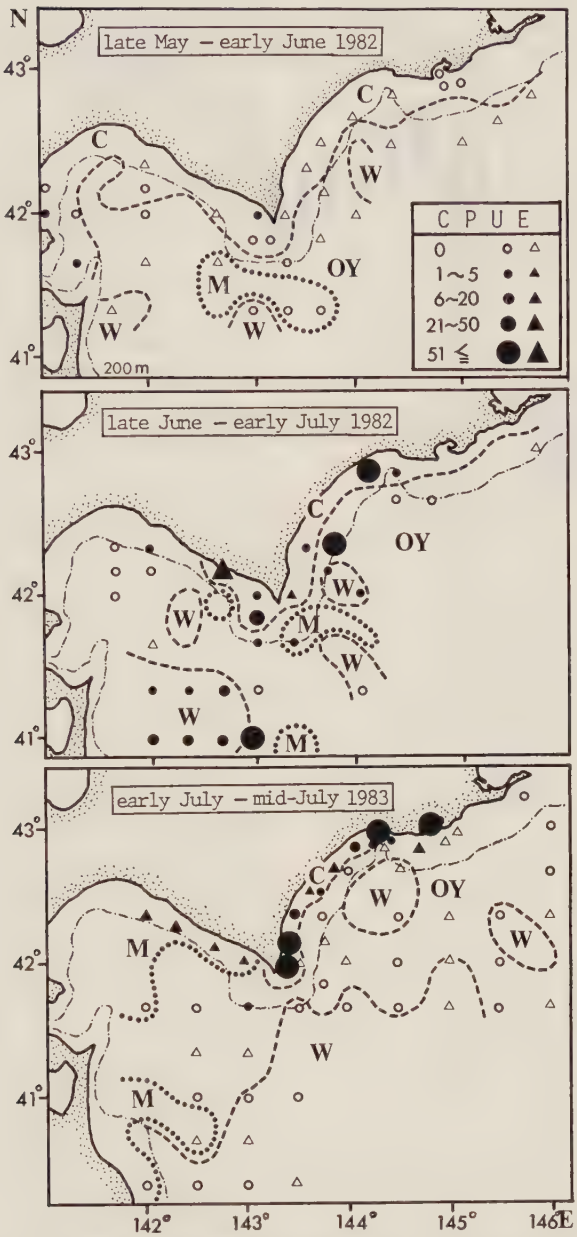


Fig. 51. 1982年および1983年の太平洋海域における サケ稚魚の分布と表層の水塊配置. 破線と点線は 水塊の 境界を示す. (その他の 説明は Figs. 45, 50を参照)

Distribution of juvenile chum salmon and surface water masses in the Pacific Ocean in 1982 and 1983. Dotted and dashed lines are water mass boundaries. (for further explanations, see Figs. 45, 50)

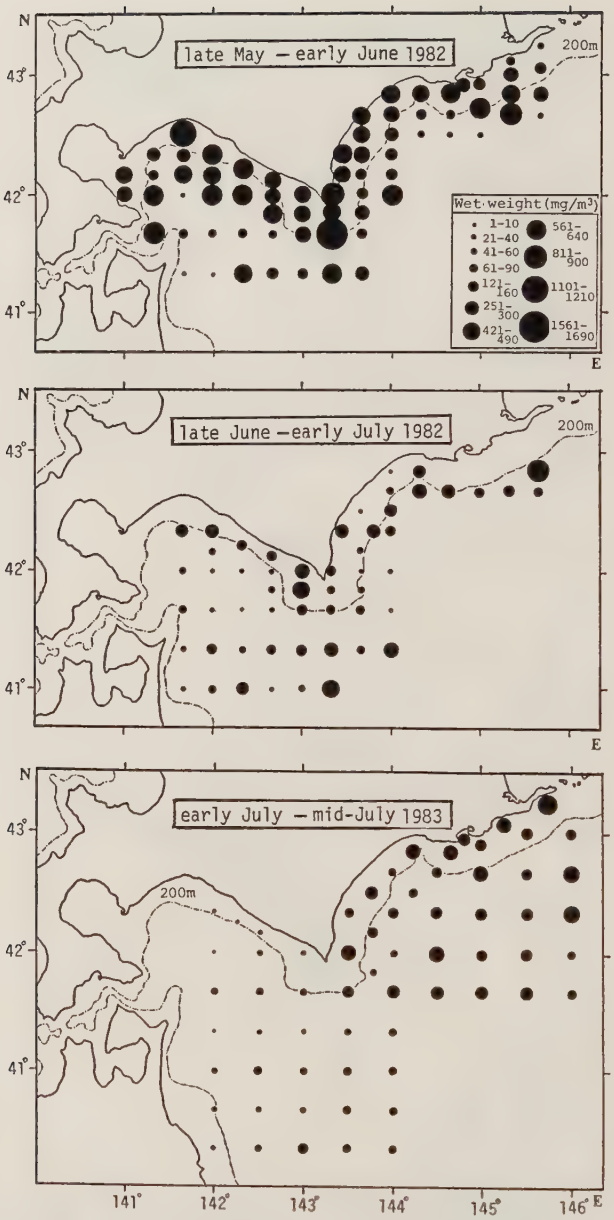


Fig. 52. 1982年および1983年に太平洋海域において NORPAC ネットの鉛直びきにより推定された下層（水深150 m以浅層）の動物プランクトン現存量の分布
Distribution of zooplankton biomass in the upper 150m waters, estimated from vertical hauls with a NORPAC net in the Pacific Ocean in 1982 and 1983.

び混合水中に稚魚の分布が認められたが，暖流系水中には分布が認められなかった．

次に，表層の水塊配置と稚魚の分布を時期別に Fig. 51 に示した．それによると，表層の水塊配置は，北海道の岸寄りに沿岸水（沿岸親潮水），その沖合に親潮系水，そして，さらにその沖合に暖流系水が分布

する基本構造を示した．北海道沿岸で5月下旬～7月中旬を通じてサケ稚魚が多く分布したのは沿岸水であり，次いで，岸寄りの親潮系水および混合水中に多く分布した．また，東北沖で6月中旬～下旬に稚魚が多く分布したのは暖流系水の分布域に当たっていた．

以上の結果から，稚魚が主に分布する水塊は，北海道沿岸では沿岸水に相当し，東北沖では暖流系水の低塩分部分に相当すると考えられる．

6. 動物プランクトンの分布

NORPAC ネットの採集結果に基づき下層（水深150m以浅層）の，また，MTD ネットの採集結果に基づき表層の動物プランクトンの現存量の分布についてそれぞれ検討した．動物プランクトンの現存量は，年による変動よりも，季節による変動が遙かに大きいと考え[70]，1981～1985年の調査結果を用いて，下層および表層の時期別，海域別のプランクトンの現存量を計算し，Suppl. tables 13, 14 に示した．ただし，両ネットともに夜間の採集時に採集量が多くなる傾向が認められたので，昼夜別に計算した．時期別および海域別にみた昼夜の現存量の比（夜間／昼間）は下層（NORPAC ネット）で1.0～3.8（平均2.3），表層（MTD ネット）で0.5～23.6（平均7.3）となり，とくに表層でその差が顕著であった．これは前章でも述べたようにプランクトンの日周鉛直移動による影響が大きいものと考えられる．以上のように，昼夜によってプランクトンの採集量は変化するので，量的比較を行う場合，とりわけ MTD ネットについては採集時刻に注意する必要がある．

NORPAC ネット採集による下層の動物プランクトン現存量の地理的分布の時期的変化を見るために，代表例として1982年の5月下旬～6月上旬，6月中旬～下旬，および1983年の7月上旬～中旬の調査結果を Fig. 52 に示した．これによると，5月下旬～6月上旬は各海域ともプランクトンの現存量が多く，とくに岸寄りに多い傾向が認められた．6月下旬～7月上旬は全般的に前の時期より現存量が少なくなり，えりも岬以西の岸寄りの海域と東北沖合および道東海域に比較的現存量の多い地点が認められた．7月中旬～下旬になると，えりも岬以西や東北沖で現存量が少なくなり，それに比べて道東海域で現存量が多くなった．

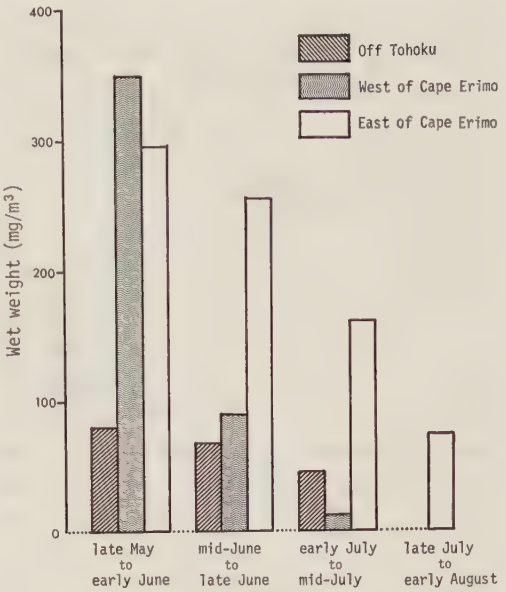


Fig. 53. 1981～1985年に太平洋の各海域において NORPAC ネットの鉛直びきにより推定された昼間の下層における動物プランクトン現存量の平均値の時期的変化
Seasonal changes in average zooplankton biomass in the upper 150m waters during daytime in the Pacific Ocean, 1981-1985, estimated from vertical hauls with a NORPAC net.

次に，NORPAC ネット採集による昼間の下層の動物プランクトン現存量の平均値を海域別および時期別に Fig. 53 に示した．同じ海域で比較すれば，各海域とも時期が遅くなるに従って，プランクトンの現存量は少なくなる傾向が認められた．時期別に見ると，5月下旬～6月上旬には，プランクトンの現存量は東北沖で79mg/m³，えりも岬以西で353mg/m³，道東で297mg/m³となり，東北沖に比べてえりも岬以西および道東海域のプランクトンの現存量が圧倒的に多かった．6月中旬～下旬には，東北沖で68mg/m³，えりも岬以西で89mg/m³，道東で256mg/m³となり，えりも岬以西海域での現存量が前の時期に比べて急激に減少し，道東海域は前の時期より若干減少したが，他の海域に比べるとなお高い水準にあった．7月上旬～中旬には，東北沖で46mg/m³，えりも岬以西で12mg/m³，道東で162mg/m³となり，どの海域とも前の時期に比べて減少したが，道東海域だけは他の海域に比べて依然として高い水準にあった．7月下旬～8月上旬は道東

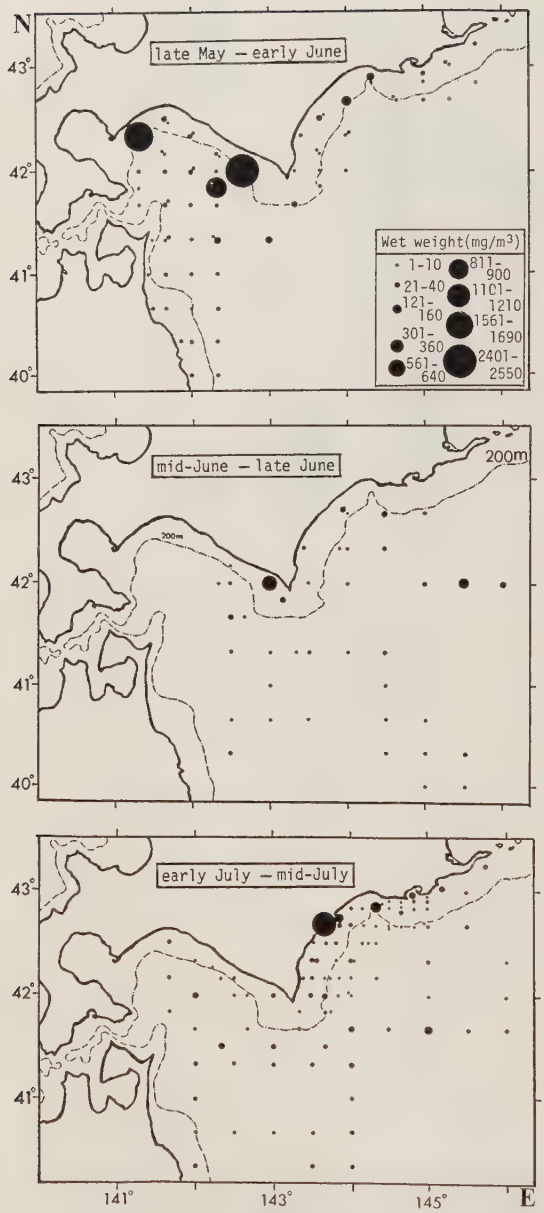


Fig. 54. 1981～1985年に太平洋海域において MTDネットの水平びきにより推定された昼間の表層における動物プランクトン現存量の分布の時期的変化
Seasonal changes in distribution of zooplankton biomass in the surface layer during daytime in the Pacific Ocean, estimated from horizontal tows with a MTD net, 1981-1985. Data obtained in cruises 1-9 were combined.

海域の調査結果のみであるが，プランクトンの現存量は74mg/m³となり前の時期よりさらに減少した．

同様に，MTD ネット採集による昼間の表層の動物プランクトン現存量の 地理的分布を時期別に Fig. 54 に示した．表層のプランクトンの現存量は，上述した NORPAC ネット採集による下層のプランクトンの現存量に比べて，各時期，各海域ともにかなり少なく，局所的に 極めて 高密度の 地点が 認められたことが特徴的であった．すなわち，5月下旬～6月上旬には，えりも 岬以西海域の 岸寄りで，2,533mg/m³ あるいは 2,092mg/m³の高密度の地点が観測された．これらの地点ではクラゲノミ類の *Parathemisto japonica* と橈脚類の *Calanus plumchrus* がそれぞれ優占種であった．6月中旬～下旬には，えりも岬の西側で最高399mg/m³の地点が観測され，また，7月上旬～中旬には，道東沿岸で最高1,295mg/m³の地点が 観測され，そこではカニ類幼生が主体であった．1981年6～7月に MTD ネットにより採集された動物プランクトンの重量組成の分析結果 (Suppl. table 15) によると，採集量が多かった地点では，いずれも *C. plumchrus*, *P. japonica*, *Pseudocalanus minutus* あるいは *Eucalanus bungii bungii* などが上位を占めていた．

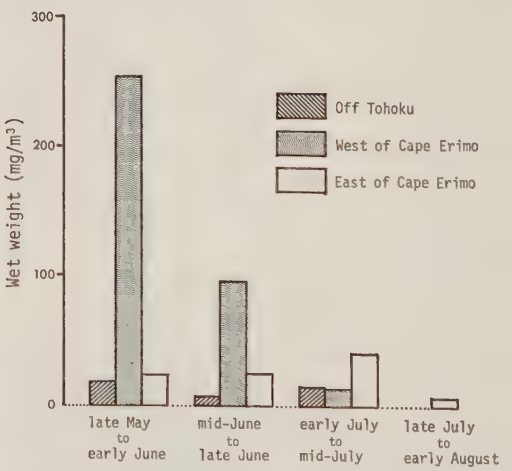


Fig. 55. 太平洋の1981～1985年に太平洋海或においてMTDネットの水平びきにより推定された昼間の表層における動物プランクトン現存量の平均値の時期的変化
Seasonal changes in average zooplankton biomass in the surface layer during daytime in the Pacific Ocean, estimated from horizontal tows with a MTD net, 1981-1985.

次に，MTD ネット採集による昼間の表層の動物プランクトン現存量の平均値を海域別および時期別に

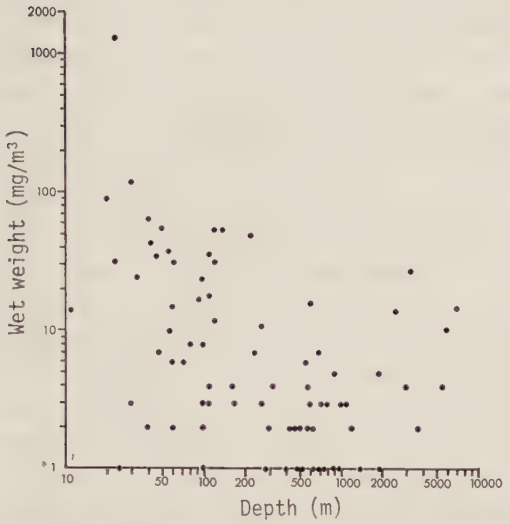


Fig. 56. 1981～1984年 7月上旬の えりも 岬以東太平洋海域における調査地点の底深に対する昼間の表層の動物プランクトン現存量．ただし，底深は距岸距離の指標として用いた
Zooplankton biomass in the surface layer during daytime in early July, 1981-1984, plotted against the depth of sampling stations east of Cape Erimo, the Pacific Ocean.

Fig. 55 に示した．えりも岬以西海域では5月下旬～6月上旬に 254mg/m³ の最高値を示し，6月中旬～下旬には 96mg/m³，7月上旬～中旬には 14mg/m³ と，時期が遅くなるに従って急激に減少した．東北沖では7～18mg/m³の範囲で常に少なく，時期による変化も小さかった．また，道東海域では他海域より遅い7月上旬～中旬に 41mg/m³ の最高値を示したが，7月下旬～8月上旬になると7 mg/m³に減少した．

さらに，7月上旬の道東海域での MTD ネット採集結果を用いて，底深に対する表層の動物プランクトン現存量の関係を両対数で Fig. 56 に示した．これによると，底深の浅い所ほど表層のプランクトンの現存量が多い傾向が認められた．底深は距岸距離とほぼ対応していると考えられるので，この図は距岸距離に対する現存量の関係を表していると見ることができる．従って，表層のプランクトン現存量は岸寄りほど多い傾向があると言える．

一方，プランクトンの分布は水塊の分布とも関連していると考えられるので，表面の水温および塩分で水塊を区分し，NORPAC ネットおよび MTD ネットの昼間の採集結果を用いて，時期別および水塊別の動物プランクトンの現存量を計算して Suppl. table 16 に示した．これによると，水塊別のプランクトンの現存量は時期によって若干異なるが，下層（NORPAC ネット採集による）は沿岸水，親潮系水，混合水，暖流

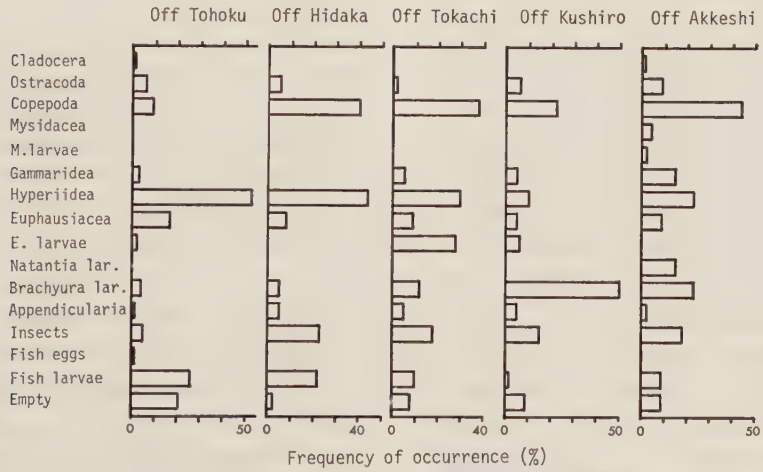


Fig. 57. 1981～1985年の太平洋海域におけるサケ稚魚の胃内容物の出現率
Food organisms in the stomachs of juvenile chum salmon collected in the Pacific Ocean, 1981-1985.

系水の順に現存量が多く，また，表層（MTD ネット採集による）は親潮系水，沿岸水，混合水，暖流系水の順に現存量が多い傾向が認められた．ただし，下層には表層と異なる水塊が分布している場合があるので，厳密にはここでの区分の仕方は不十分であるが，おおよその傾向をみるにはさしつかえないと考える．従って，動物プランクトンの現存量は暖流系水あるいは混合水より沿岸水あるいは親潮系水の方が多いことが推測される．

以上の結果から，一般に，サケ稚魚が沿岸に分布する期間中には動物プランクトンの現存量は岸寄りほど多く，また，同一海域では時期が遅くなるに従って減少し，さらに，現存量の多い海域は時期が遅くなるに従って地理的に北寄りあるいは東寄りの海域に移っていくものと推察される．

7. 稚魚の食性

サケ稚魚の胃内容物の調査結果を，海域別および年別に餌項目ごとの出現率で Suppl. table 17 に示し，さらに，海域別にまとめたものを Fig. 57 に示した．ただし，ここでは Fig. 43 に示した東北沖とえりも岬以西海域（日高沖）とともに，道東海域をさらに十勝沖，釧路沖および厚岸沖の3海域に区分した．これによると，東北沖ではクラゲノミ類，魚類稚仔，およびオキアミ類，日高沖ではクラゲノミ類，橈脚類，昆虫類，および魚類稚仔，十勝沖では橈脚類，クラゲノミ類，オキアミ類幼生，および昆虫類，釧路沖ではカニ類幼生，橈脚類，および昆虫類，また，厚岸沖では橈脚類，クラゲノミ類，およびカニ類幼生の出現率が高く，餌生物は海域によって若干異なっていた．全体としては，クラゲノミ類，橈脚類，カニ類幼生，昆虫類等の出現率が高く，これらがサケ稚魚の餌として重要であると考えられた．ここで稚魚がよく食べていたクラゲノミ類は *Parathemisto japonica* であり，橈脚類では *Calanus plumchrus*, *Eucalanus bungii bungii* 等の大型の種類を主体に，*Acartia longiremis*, *Eurytemora hardmanni*, *Pseudocalanus minutus* 等の小型のものも食べていた．また，カニ類幼生はクリガニが多くケガニも混じっていた．昆虫類は陸生の双翅目および半翅目のものが多かった．一方，稚魚の胃内容物は同一海域でも年によって若干の差異が認められた (Suppl. table 17)．例えば，日高沖では，1981年はクラゲノミ類の出現率が最も高く，1982年は橈脚類が，また，1983年は昆虫類の出現率が高かった．

以上述べたような海域や年によるサケ稚魚の胃内容物の差異は，餌生物の分布の差異を反映したものである可能性が考えられるが，この点に関しては今後さらに詳細な調査を行い検証する必要がある．

考　　察

調査の結果，北日本の太平洋海域における離岸期のサケ稚魚の分布様式が明らかになった．すなわち，サケ稚魚は沿岸滞泳期と同様に巨視的にみれば岸ぞいに多く分布する．また，太平洋の各海域における稚魚の主な分布時期は，東北沖では5月下旬～6月下旬に及び，その盛期は6月中旬～下旬と考えられ，北海道のえりも岬以西の海域では5月下旬～7月中旬に及び，その盛期は6月下旬～7月上旬と考えられる．また，えりも岬以東の道東海域では5月下旬～8月上旬に及び，その盛期は7月上旬～中旬であると考えられる．そして，稚魚の主な分布域は時期が遅くなるに従って，東北沖から北海道沖へ，えりも岬以西から道東へと，地理的に北寄りあるいは東寄りの海域に移る (Fig. 46)．ここで述べた各海域のサケ稚魚の分布時期は，必ずしも同海域で放流された稚魚の分布を示すものではない．なぜなら，第3章の網走湾海域での調査結果から推察されたように，サケ稚魚は最初は岸寄りの浅海域に分布するが，成長とともに徐々に沖合寄りに分布域を拡大しながら岸ぞいに移動するので，調査海域より南あるいは西の海域で放流された稚魚が，岸ぞいに移動する途上で発見される場合があるからである．今回の調査でも津軽海峡東口～日高沖海域には，5月下旬～6月上旬の比較的早い時期に尾叉長9～13cmの大型の稚魚が出現し，同時期に北海道沿岸に分布した稚魚の大きさと明らかに異なっていた．また，地理的にも，北寄りあるいは東寄りの海域ほど遅くまで稚魚が分布する傾向が認められた．さらに，えりも岬を起点にそれより南および西をマイナス，北

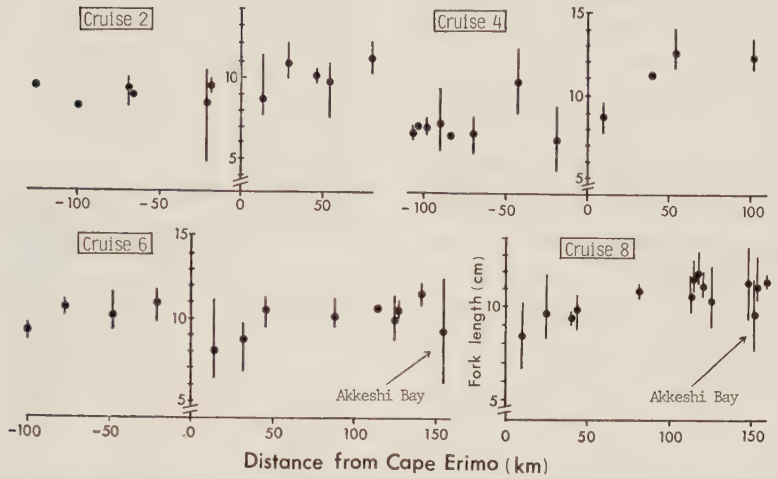


Fig. 58. 1981～1984年の太平洋海域における航海別，地点別のサケ稚魚採集個体の大きさのえりも岬からの距離による変化．南および西は負，北および東は正で示す．黒丸は平均尾叉長，縦線は範囲
Fork lengths of juvenile chum salmon plotted against distance from Cape Erimo from specimens collected on cruises in the Pacific Ocean, 1981–1984. South and west are negative and north and east are positive. Closed circles show average length and vertical bars indicate the range.

および東をプラスとして，えりも岬からの距離に対する調査地点別のサケ稚魚の大きさ（尾叉長）を航海別に比較すると，厚岸湾を除けば，各航海とも北および東寄りほど大型の個体が分布する傾向が認められた (Fig. 58)．各海域に出現した稚魚の起源と回遊経路の問題は興味深いが，これについては第7章の総合討論の項で論議する．

今回の調査結果から，太平洋海域におけるサケ稚魚の分布と海況条件との密接な関連が明らかになった．調査海域全域，全期間を通じてみれば，サケ稚魚が主に分布した表面の水温，塩分および密度（σ_t）の値は，それぞれ 9～14℃，31.0～33.9‰，および23.7～26.0 (Fig. 49, Table 21) であった．また，各海域の分布盛期において稚魚が主に分布した表面の水温，塩分および σ_t の値は，東北沖ではそれぞれ11～14℃，33.0～33.9‰，および25.1～25.6であり，えりも岬以西海域ではそれぞれ10～12℃，31.0～33.2‰，および24.5～25.3であり，道東海域ではそれぞれ9～13℃，31.0～33.5‰，および23.3～25.3であった．そして，稚魚の分布した水温や塩分の上限値はそれぞれ14℃および34‰付近にあった．以上の結果から，稚魚の水温および塩分に対するある種の嗜好性の存在が推測される．

一方，これまで当海域における動物プランクトンの現存量に関しては知見が少なく[85,86]，わずかに東北の沖合水域では，親潮水域（20g/m²），混合水域（9g/m²），黒潮水域（7g/m²）の順に年平均現存量が多く，いずれの水域も5月にピークを示すこと[87]，また，三陸沿岸では5月[88]に，えりも岬以西海域では6月[89]に現存量のピークが出現することが知られている．今回の調査によって，表層および下層の動物プランクトン現存量の地理的分布や季節変化が明らかになった．さらに，サケ稚魚の分布と餌料条件との密接な関連が明らかになった．すなわち，稚魚の餌料条件に関しては，表層および下層ともに岸寄りほど動物プランクトンの現存量が多く，また，とくに表層では局所的に *Calanus plumchrus*, *Parathemisto japonica*, *Eucalanus bungii bungii*, およびカニ類幼生等の高密度の分布が認められた (Figs. 52, 54, Suppl. table 15)．そして，前述したように，サケ稚魚はこれらの高密度

に分布するプランクトンを中心に昆虫等をよく食べていた (Fig. 57). 従って，サケ稚魚にとっては，岸寄りほど餌料条件が良く，生息域としては好適であることが推測される．

さらに，動物プランクトンの地理的分布の時期的変化では，下層のプランクトンの現存量は，各海域とも時期が遅くなるに従って減少傾向を示した (Fig. 53). そして，東北沖，えりも岬以西および道東の三つの海域の中では，北寄りあるいは東寄りの海域ほどプランクトンの現存量が多く，とりわけ道東海域は他海域に比べて多く，その期間も長いものと推察される．一方，表層のプランクトンの現存量は，5～6月はえりも岬以西海域が圧倒的に多く，7月になると道東海域が最も多くなったことから (Fig. 55)，プランクトンの現存量の多い海域は，時期が遅くなるに従って西から東に移って行くものと推察される．従って，サケ稚魚にとっての餌料条件という観点からみれば，西寄りの海域（えりも岬以西海域）は5月頃の早い時期には好条件であるが，7月頃になると餌料条件が悪化し，その頃にはより東の道東海域で餌料条件が良いということになる．このような餌料条件の地理的および時期的変化は，前述したサケ稚魚の地理的分布の時期的変化とよく対応しており，稚魚は餌料条件の良好な水域を辿る形で回遊していると考えられる．

第5章　日本海沿岸海域におけるサケ稚魚の分布と海況および餌料条件

近年，本州の日本海沿岸では富山県以北を中心にサケのふ化放流が盛んになり[90]，その試みは京都府や島根県をはじめさらに西の山口県[91]にまで及んでいる．しかしながら，本州日本海沿岸の諸河川から放流された稚魚の沿岸での分布やその後の回遊経路に関してはほとんど知見がない．ここでは，本州北部の男鹿半島沖から津軽海峡および北海道の積丹半島沖にかけての日本海沿岸の海域におけるサケ稚魚の分布と稚魚を取り巻く海況および餌料条件との関連について検討する．なお，津軽海峡東口から三陸沿岸にかけての一部太平洋海域は日本海沿岸と密接な関係があるので，この海域のサケ稚魚の調査結果も含めて検討する．

材料および方法

調査海域の範囲を Fig. 59 に，また，調査の概要を Table 22 に示した．ただし，太平洋海域での調査結果は先に第4章で用いたものと一部重複している．調査は1984年および1985年の5月中旬～下旬に調査船若潮丸（北海道教育庁所属，200トン）を用いて2航海，延べ25日間にわたって行った．航海ごとに

Table 22. 1984年と1985年に津軽海峡およびその隣接海峡において実施したサケ稚魚調査一覧．数字は調査地点数
Summary of investigations of juvenile chum salmon in Tsugaru Strait and adjacent waters in 1984 and 1985. Numbers show stations where surveys were conducted.

Year	Period	Area	Spoon net*	Purse seine	NORPAC net	MTD net	Oceanographic observation
1984	May 15-26	Japan Sea	14	6	29	29	29
		Tsugaru Strait	7	—	9	9	9
		Pacific Ocean	8	5	24	24	24
1985	May 13 25	Japan Sea	11	1	38	38	39
		Tsugrau Strait	5	—	6	6	6
		Pacific Ocean	11	4	24	24	24
Total			56	16	130	130	131

* Spoon net was operated under fish lamp lighting.

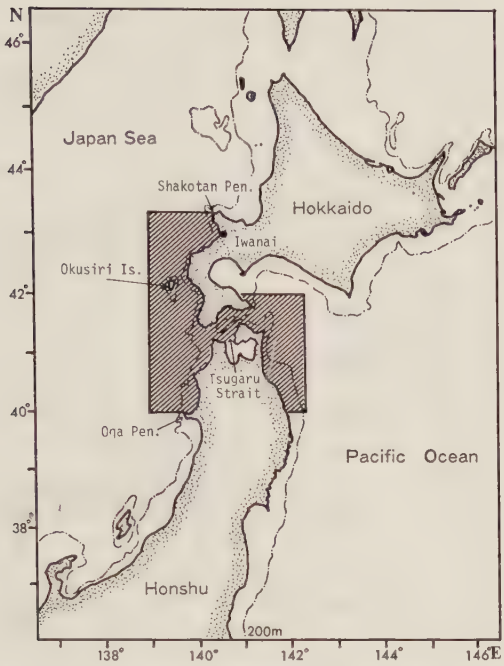


Fig. 59. 1984 と 1985 年の津軽海峡およびその隣接海域におけるサケ稚魚の調査範囲
Survey area for juvenile chum salmon in Tsugaru Strait and adjacent waters in 1984 and 1985.

調査海域全域にわたる海洋観測とプランクトン調査を実施するとともに，サケ稚魚の分布調査を行った．調査海域および調査点は厳密には一定しておらず航海ごとに若干異なった．サケ稚魚の採集はタモ網（集魚灯，1kW×4）およびまき網（浮子方長さ 273m）によって行った．漁具の細目および調査方法は第2章および第4章で述べたものと同様である．なお，解析ではサケ稚魚の単位努力量当たりの採集尾数に逃がした稚魚の数を含めた．タモ網（集魚灯）による採集は計56回，まき網の操業は計16回実施した．以上の調査によって採集した稚魚の総数は126尾であった．航海別および海域別の稚魚の採集尾数，尾叉長範囲および体重範囲を Table 23 に示した．

稚魚の胃内容物の分類項目は第3章で述べたものと同様である．海洋観測は2航海合わせて計131点で実施した．調査内容および方法は第3章で述べたものと同様である．

プランクトンの採集は NORPAC ネット（口径45 cm，NGG 54）の水深50m（ごく一部は水深30m）からの鉛直びきを計130回，また，MTD ネット（口径56 cm，NGG 54）の2ノット5分間の表層水平びきを計130回実施した．ネット採集物の処理方法は第2章で述べたものと同様である．

Table 23. 1984 年と 1985 年に津軽海峡およびその隣接海域において採集されたサケ稚魚の海域別の採集尾数と尾叉長および体重範囲
Collections of juvenile chum salmon and size by area in Tsugaru Strait and adjacent waters in 1984 and 1985.

Year	Period	Area	Total catch in number	FL range of samples (cm)	BW range of samples (g)
1984	May 15-26	Japan Sea	23	4.2 - 10.7	0.6 - 10.3
		Tsugaru Strait	15	5.6 - 9.7	1.3 - 6.7
1985	May 13 25	Japan Sea	15	6.2 - 9.5	2.1 - 6.4
		Tsugaru Strait	27	5.9 - 9.2	1.7 - 5.6
		Pacific Ocean	46	6.2 - 11.9	2.0 - 13.2
Total			126	4.2 - 11.9	0.6 - 13.2

結　　果

1. 稚魚の地理的分布と尾叉長組成

タモ網採集による単位努力量当たりのサケ稚魚の採集尾数（CUPE）およびまき網1操業当たりの稚魚の採集尾数を稚魚の分布密度の目やすとし，その地理的分布を Fig. 60 に示した．1984年の5月中旬～下旬には，稚魚は男鹿半島から津軽海峡東口および奥尻島

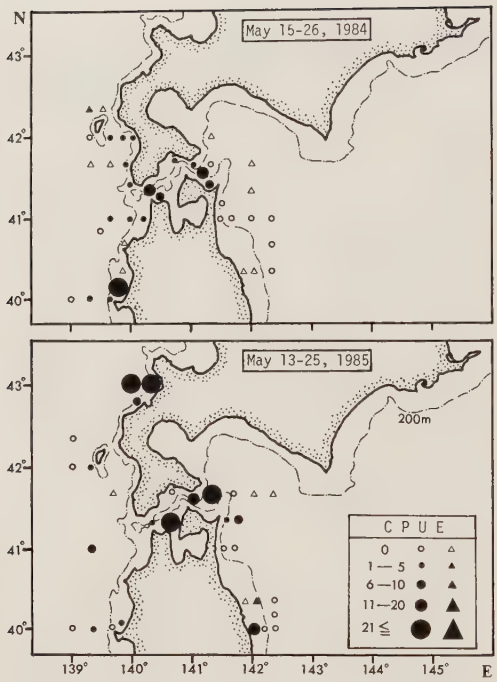


Fig. 60. 1984年と1985年に津軽海峡およびその隣接海域においてタモ網採集（丸印）およびまき網採集（三角印）により推定されたサケ稚魚の分布
Distribution of juvenile chum salmon taken by the spoon net sampling (circles) and purse seine (triangles) in Tsugaru Strait and adjacent waters in 1984 and 1985.

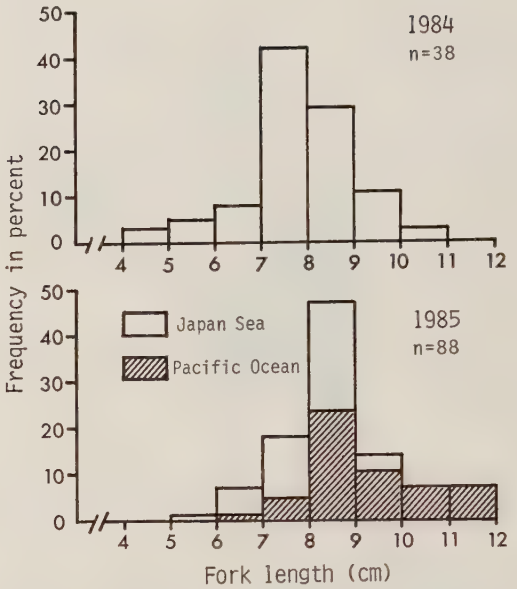


Fig. 61. 1984年と1985年に日本海側（津軽海峡を含む）および太平洋側の海域で採集されたサケ稚魚の尾叉長組成
Size composition of juvenile chum salmon collected in the Japan Sea and the Pacific Ocean in 1984 and 1985.

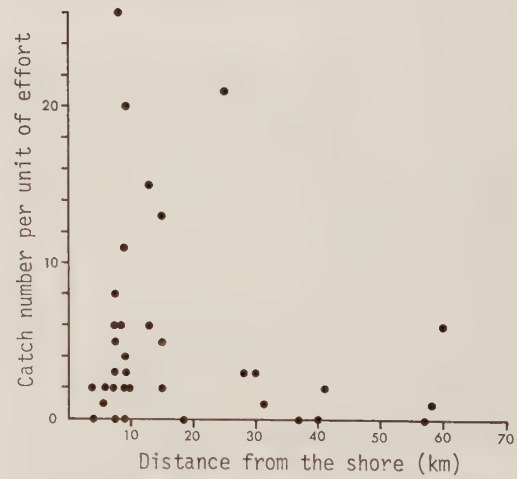


Fig. 62. 1984～1985年の津軽海峡およびその隣接海域における岸からの距離に対するタモ網採集によるサケ稚魚のCPUE
CPUE of juvenile chum salmon by the spoon net sampling plotted against distance from the shore at sampling stations in Tsugaru Strait and adjacent waters, 1984-1985.

にかけての岸寄りの海域に分布し，太平洋側には分布が認められなかった．1985年の同時期には，稚魚は男鹿半島から積丹半島にかけての日本海側の海域および津軽海峡から三陸沿岸にかけての太平洋側の海域に広く分布した．

採集した稚魚の尾叉長組成は Fig. 61 に示した通りで，全体としては尾叉長4.2～11.9cmの範囲にあり，7cm以上の個体が90%を占めた．年別に見ると，1984年は尾叉長7～8cm台の個体が多く，また，1985年は尾叉長8cm台の個体が多かった．さらに，1985年の場合，太平洋側で採集した稚魚は日本海～津軽海峡で採集した個体より大型のものが多かった．次に，日本海（津軽海峡を含む）の調査結果を用いて，最寄りの陸地からの距岸距離とサケ稚魚の CPUE との関係を Fig. 62 に示した．稚魚の分布密度は岸寄りに高

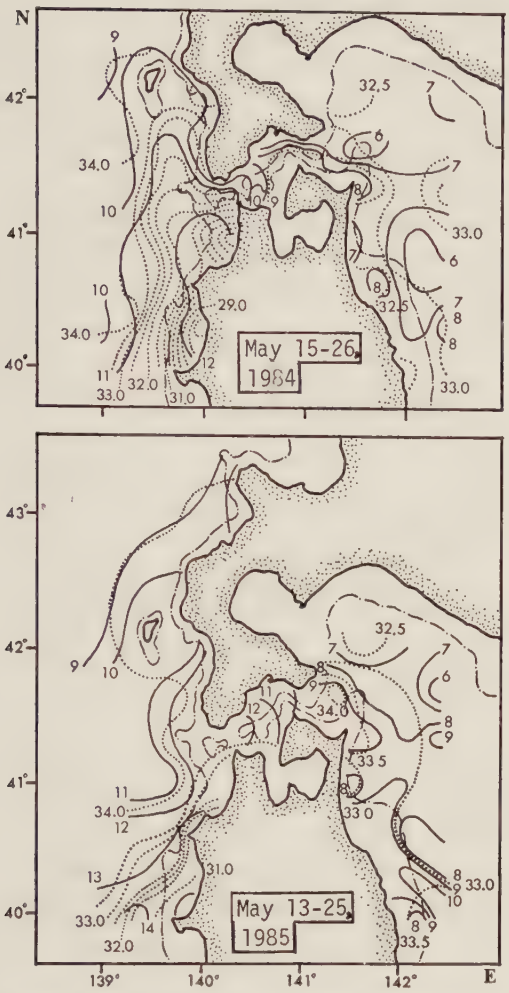


Fig. 63. 1984年と1985年の津軽海峡およびその隣接海域における表面水温（実線）および塩分（点線）の分布
Surface temperature (℃, solid lines) and salinity (‰, dotted lines) in Tsugaru Strait and adjacent waters in 1984 and 1985.

い傾向が認められた．

2. 表面の水温，塩分分布および水塊配置

海洋観測結果に基づき，航海ごとの表面の水温および塩分の分布を Fig. 63 に示した．1984年 5 月中旬～下旬の調査時には，表面水温は日本海側で10～12℃，津軽海峡で 8～9℃，太平洋側で 6～7℃を示した．また，表面塩分は男鹿半島から津軽海峡西口にかけて29～32‰と低く，その他の海域は33～34‰を示した．1985年 5 月中旬～下旬には，表面水温は日本海側の奥尻島以北で 9～10℃，奥尻島以南で11～13℃，津軽海峡で 9～12℃，太平洋側の沖合域で 6～8℃を示した．表面塩分は男鹿半島沖から津軽海峡西口にかけての海域で31～33‰，また，太平洋側の沖合域で32.5～33‰と若干低く，その他の海域は33～34‰を示した．両年を比較すると，1985年は1984年に比

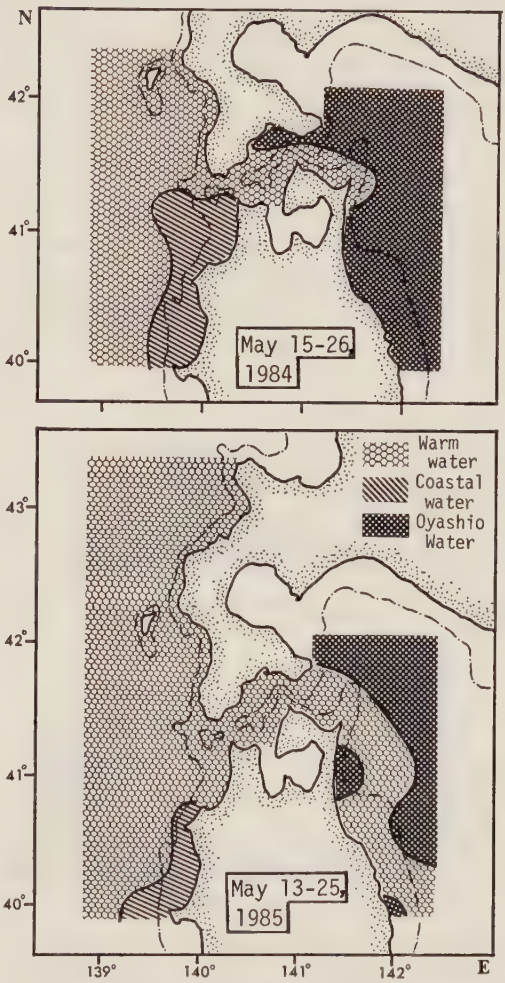


Fig. 64. 1984年と1985年の津軽海峡およびその隣接海域における表層の水塊配置
Distribution of surface water masses in Tsugaru Strait and adjacent waters in 1984 and 1985.

べて各海域とも表面水温で1～2℃，また，表面塩分で0.5～1‰程度高かった．

さらに，表面の水温および塩分の調査結果を用いて後述する方法によって水塊区分を行い，それに基づいて表層の水塊配置を Fig. 64 に示した．これによると，基本的な表層の水塊配置は両年ともよく一致していた．すなわち，男鹿半島付近の沿岸部には低塩分の沿岸水が，また，その沖合から津軽海峡にかけては暖流系水が，そして，太平洋側の沖合域には親潮系水がそれぞれ分布した．しかし，両年を比較すると，1984年は1985年に比べて青森県西方沖の沿岸水の分布域が広く，津軽暖流水の太平洋側への張り出しが弱いという特徴が認められた．

3. 稚魚の出現水温，塩分および水塊

2年間の調査結果を総合して，日本海海域（津軽海峡を含む）における稚魚調査地点と，そのうちで稚魚が出現した地点の表面の水温および塩分の頻度を区別して Fig. 65 に示した．稚魚の出現頻度は調査地点の水温および塩分の頻度分布にほぼ比例していた．水温では，調査した6.4～14.4℃の範囲のうち7.5～14.4℃の範囲で稚魚が出現し，とくに 9～11℃台での出現が多かった．また，塩分では調査した28.0～34.1‰の範囲のうち，29.0～34.1‰の広い範囲で稚魚が出現し，とくに33‰台での出現が多かった．

さらに，稚魚調査地点における表面の水温，塩分および密度（σ_t）とサケ稚魚の CPUE との関係を Fig. 66 に示した．CPUE の値は水温 9～12℃，塩分 33.4

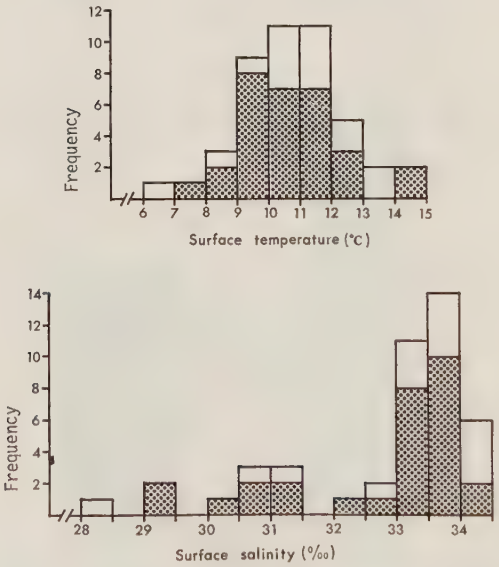


Fig. 65. 1984～1985年の日本海海域におけるサケ稚魚調査地点の表面の水温および塩分の頻度分布．影の部分はサケ稚魚が出現した頻度を示す
Frequency distribution of surface temperature and salinity at sampling stations in the Japan Sea, 1984-1985. Shading shows the incidence of the juveniles.

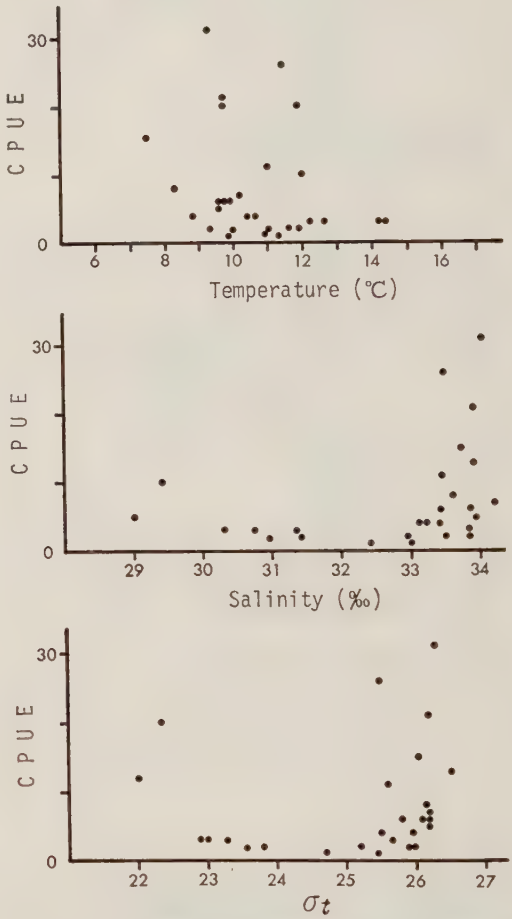


Fig. 66. 1984～1985年の日本海海域におけるタモ網採集によるサケ稚魚の CPUE と稚魚採集地点の水温，塩分および σ_t
CPUE of juvenile chum salmon by the spoon net sampling plotted against the surface temperature, salinity, and σ_t at sampling stations in the Japan Sea, 1984-1985.

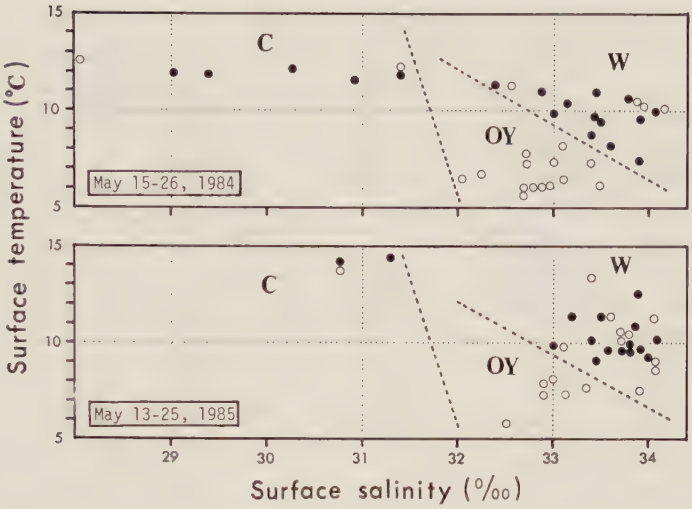


Fig. 67. 1984年と1985年の津軽海峡およびその隣接海域における表層のT-Sダイヤグラムと水塊区分．黒丸は稚魚が採集された地点，白丸は稚魚が出現しなかった地点，破線は水塊の境界を示す．C：沿岸水，OY：親潮系水，W：暖流系水
T-S diagram and surface water masses in Tsugaru Strait and adjacent waters in 1984 and 1985. Closed circles are stations where juvenile chum salmon were collected and open circles are stations where juveniles were not found. Dashed lines are water mass boundaries. C: Coastal water, OY: Oyashio Water, W: Warm water.

～33.9‰，σ_t 25.4～26.5でとりわけ高かった．

次に，稚魚調査地点の表面の水温および塩分をT-Sダイヤグラムに図示し，科学技術庁研究調整局[92]を参考にして，表層の水塊区分を行った（Fig. 67）．その結果，水塊としては塩分31.5‰以下，水温11～15℃を示す沿岸水と，水温11℃，塩分32.4‰と水温7℃，塩分34‰を結ぶ線を境にして，低温・低塩分の親潮系水と高温・高塩分の暖流系水の三つの水塊が大別された．ただし，ここでは混合水は暖流系水に含めた．稚魚は両年とも沿岸水および暖流系水中に出現し，とりわけ暖流系水中に多く出現したが，親潮系水中には全く出現しなかった．

4. 稚魚の食性

稚魚の胃内容物の調査結果に基づき，海域別に各餌項目別の出現率と体積組成を求め，Fig. 68に示した．これによると，稚魚の胃内容物は海域によって若干異なり，日本海側では枝角類，魚類稚仔，橈脚類およびクラゲノミ類などを食べていた個体が多く，体積では枝角類，魚類稚仔，昆虫類などが高い割合を占めた．また，津軽海峡ではクラゲノミ類，橈脚類，昆虫類およびヨコエビ類などを食べていた個体が比較的多く，体積ではクラゲノミ類，昆虫類およびヨコエビ類などが高い割合を占めた．そして，太平洋側では出現率，体積ともにクラゲノミ類の占める割合が圧倒的に高く，その他にカニ類幼生やオキアミ類などを僅かに食べていた．

5. 動物プランクトンの分布

NORPACネットの鉛直びきによる下層（水深50m以浅層）の，また，MTDネットの表層水平びきによる表層の動物プランクトン現存量の地理的分布をFig. 69およびFig. 70に示した．後述するように，プランクトンの現存量は夜間の採集で多くなる傾向が認められるため単純には比較できないが，下層のプランクトン分布では，1984年は日本海側および津軽海峡に比べて太平洋側でのプランクトンの現存量が多い傾向が認められ，また，1985年には奥尻島や噴火湾沖に沖プランクトンの現存量の極めて多い地点が認められた．一方，表層のプランクトンの現存量は，下層のプ

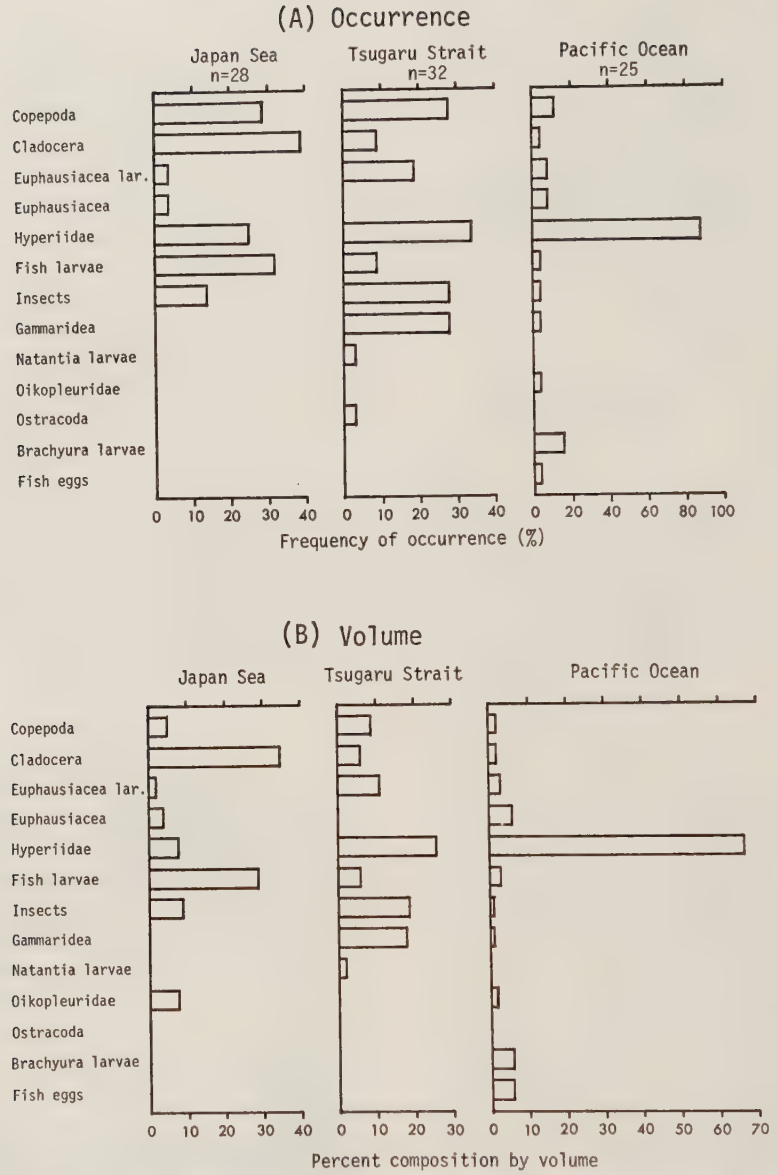


Fig. 68. 1984～1985年に津軽海峡およびその隣接海域で採集されたサケ稚魚の胃内容物の出現率（A）および体積（B）による表示
Food organisms by occurrence (A) and by volume (B) in the stomachs of juvenile chum salmon collected in Tsugaru Strait and adjacent waters, 1984-1985.

ランクトンの現存量に比べて全域的に少なく，下層でみられたほど大きな地理的分布の差異は認められなかった．それでも，1984年には奥尻島南東，津軽海峡西口，および男鹿半島沖などで，また，1985年には奥尻島沖，津軽海峡東口および三陸北部沿岸などでプランクトンの現存量が比較的多い地点が見られた．

次に，2年間の調査結果を合わせて動物プランクト

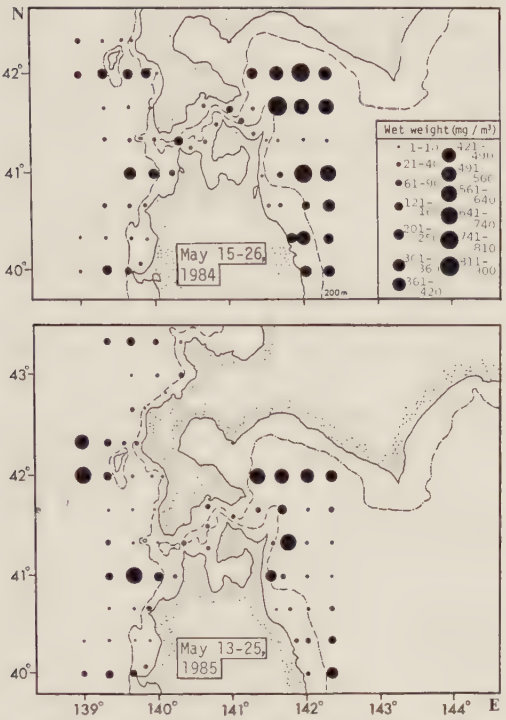


Fig. 69. 1984年と1985年に津軽海峡およびその隣接海域において NORPAC ネットの鉛直びきにより推定された下層（水深50m以浅層）の動物プランクトン現存量の分布
Distribution of zooplankton biomass in the upper 50m water column in Tsugaru Strait and adjacent waters, estimated from vertical hauls with a NORPAC net in 1984 and 1985.

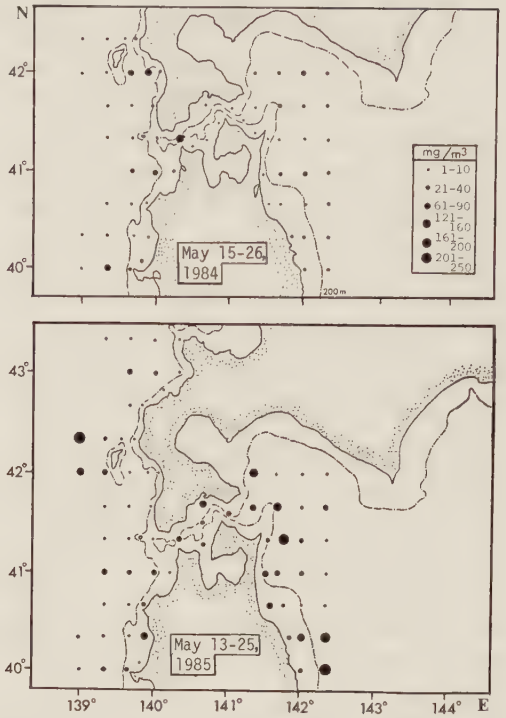


Fig. 70. 1984年と1985年に津軽海峡およびその隣接海域においてMTDネットの水平びきにより推定された表層の動物プランクトン現存量の分布
Distribution of zooplankton biomass in the surface layer in Tsugaru Strait and adjacent waters, estimated from horizontal tows with a MTD net in 1984 and 1985.

ンの現存量を水塊別，海域別，昼夜別および層別に Suppl. table 18 に示した．プランクトンの採集量は，同一地点では一般に MTD ネット＜NORPAC ネットの傾向が認められ，表層のプランクトン現存量は下層のそれに比べて少ないことが推察される．ちなみに下層の現存量の総平均値は表層のそれの 4.1 倍となった．さらに，プランクトンの採集量は昼夜でかなり差があり，NORPAC ネットの採集量の平均値は夜間は昼間の 1.1～7.3 倍，MTD ネットの採集量の平均値は夜間は昼間の 1.7～8.8 倍で，両ネットともに昼間より夜間の採集量が多くなる傾向が認められた．昼間の下層での水塊別のプランクトンの現存量の平均値は，沿岸水で 14mg/m³，暖流系水で 23mg/m³，親潮系水で 235 mg/m³で，親潮系水，暖流系水，沿岸水の順に多い傾向が認められ，親潮系水中の現存量が飛び離れて多かった．一方，昼間の表層での水塊別のプランクトンの現存量は，暖流系水（日本海）＜沿岸水＝親潮系水＜暖流系水（太平洋）の順であり，同じ暖流系水でも太平洋側のそれは日本海側の同系水に比べてプランクトンの現存量が多い傾向が認められた．

考 察

日本海沿岸および津軽海峡における離岸期のサケ稚魚の分布については，これまでほとんど知見がなかったが，今回の調査によって稚魚の分布生態の一端が明らかになった．上述したように，稚魚は岸寄りに多く分布したことから（Fig. 62），稚魚は岸に沿って回遊することが推察される．日本海側では1984年に奥尻島の北側海域で尾叉長10.7cmの大型の稚魚が採集され，また，1985年には岩内沖で尾叉長8.4～8.9cmの比較的大型の稚魚が採集された．一方，津軽海峡東口でも1984年に尾叉長8.4～9.6cmの稚魚が採集され，また，1985年には尾叉長7.2～10.3cmの大型の稚魚が採集された．本文には示さなかったが，同時期に，岩内港内では尾叉長3.5～5.1cmの小型の稚魚が多数分布した．さらに，男鹿半島を起点にして男鹿半島からの距離に対する採集地点別の稚魚の大きさ（尾叉長）を比較すると，北あるいは東寄りほど大型の個体が分布する傾向が認められた（Fig. 71）．従って，岩内沖に分布した大型稚魚はより南の海域から回遊してきたものである可能性が強い．同様に，奥尻島沖や津軽海峡東口に分布した稚魚は，それぞれより南あるいは西の海域から回遊してきた可能性が考えられる．

調査の結果，サケ稚魚の分布と海況条件との密接な関連が明らかになった．稚魚は表面水温9～12℃，表面塩分33.4～33.9‰の範囲にとりわけ多く分布した．一方，津軽海峡において津軽暖流水が目立って太平洋へ流出し始める時期は5月頃と言われており[92]，今回の調査で明らかになった稚魚の地理的分布（Fig. 60），表層の水塊配置（Fig. 64）および稚魚が出現した水塊（Fig. 67）などを合わせて考えれば，稚魚は津軽海峡を西から東に流れる津軽暖流水の張り出しと時を同じくして，津軽海峡から太平洋側に分布を拡大することが推察される．その場合，稚魚が分布する水塊は常に暖流系水であり，稚魚は津軽暖流水のいわば先端域に位置しながら，水塊の分布域の拡大に伴って分布を広げるものと考えられる．1984年と1985年の稚魚の分布を比較すればこのことはよく理解できる．すなわち，1984年の調査時には津軽暖流水はまだ津軽海峡東口までしか達しておらず，稚魚の分布

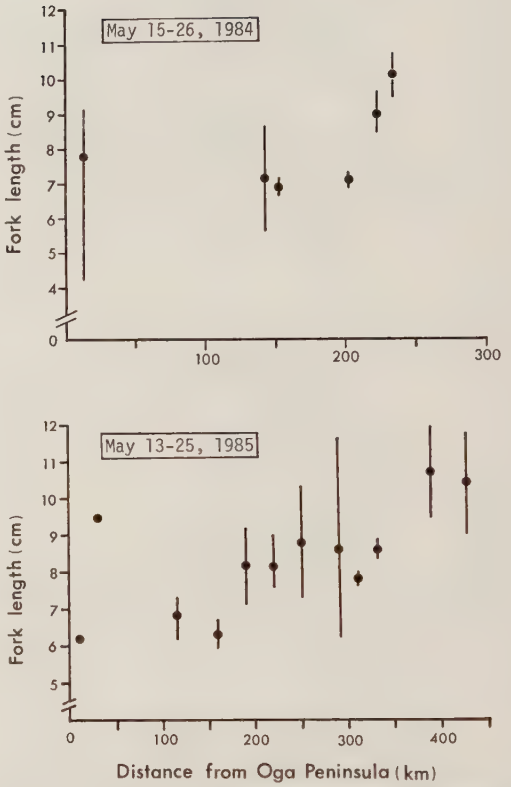


Fig. 71. 1984年と1985年の津軽海峡およびその隣接海域における航海別，地点別のサケ稚魚採集個体の大きさの男鹿半島からの距離による変化．黒丸は平均尾叉長，縦線は範囲
Fork lengths of juvenile chum salmon plotted against distance north or east from Oga Peninsula in Tsugaru Strait and adjacent waters in 1984 and 1985. Closed circles show average length and vertical bars indicate the range.

も同様に海峡東口までであったが，1985年の調査時には津軽暖流水の一部はすでに三陸北部沿岸まで南下しており，稚魚の分布も三陸北部沿岸まで及んでいた．

さらに，今回の調査の結果，動物プランクトンの分布に関する知見が得られるとともにサケ稚魚の分布と餌料条件との関連が明らかになった．これまでの研究

から，サケ稚魚は昼間に表層近くで摂餌すると考えられるので，餌料条件としては昼間のそれが重要である．昼間の表層の水塊別のプランクトン現存量（Suppl. table 18）を比較すると，前述したように，日本海側（津軽海峡を含む）の暖流系水は沿岸水や親潮系水よりプランクトンの現存量が少なく，稚魚の餌料環境としては最適とは言えない．一方，同じ暖流系水でも太平洋側に張り出した部分ではプランクトンの現存量が多く，稚魚の餌料環境としては一層好適であると判断された．太平洋海域では，プランクトンの現存量は一般に，親潮水域，混合水域，黒潮水域の順に多いことが知られている[87]．暖流系水の太平洋側の先端域では何らかの形で親潮系水との混合が起こり，そのため両水塊の接触域でプランクトンが比較的豊富であることが推測される．

一方，稚魚の胃内容物をみると，日本海側では橈脚類や枝角類など小型の餌を多く食べ，日本海側の北寄りの海域ではイカナゴ稚魚を，また，津軽海峡や太平洋側の海域ではクラゲノミ類を多く食べていた．このことは稚魚の大きさとも無関係ではないが，各海域の餌料条件の特徴を反映しているとも考えられる．図表には示さなかったが，分析結果によると，太平洋海域の表層でプランクトンの採集量が多かった地点では，クラゲノミ類やカニ類幼生が主な構成種であった．これらのことから，暖流系水中はプランクトンが比較的少なく，また構成種も小型のものが多いのに対して，津軽暖流水の先端域では，冷水との接触によって魚類稚仔やクラゲノミ類などのより大型の餌が比較的多く分布していることが推測される．以上に述べたような相対的に良好な餌料条件が稚魚が津軽暖流水の先端域に分布する一つの理由として考えられる．

第6章　サケ稚魚の発育に伴う生理，生態および形態の変化

一般に，魚類はその発育過程において，生理的，生態的および形態的に区別されるいくつかの発育期を持ち，各発育期はさらにいくつかの小段階あるいは相に区分される[93-95]．また，発育に伴う形態的変化は生理的変化や生態的変化とよく対応し[95]，各発育段階で特有の環境との対応を示すことが指摘されている[93]．そして，一般的な発育期区分に従えば，海洋生活初期のサケは主として稚魚期に相当すると推測される．サケの発育に伴う生態および形態の変化や発育段階の詳細については研究が少なく，わずかに菅野・浜井[96]，Okada and Taniguchi[24]，帰山・文谷[28]および帰山[97]等の報告があるに過ぎない．筆者は先に，入江ら[98]，入江[99,100]，Irie[101]等でサケ稚魚の発育に伴う生態および形態の変化について得られた知見の一部を報告したが，ここでは，サケ稚魚の発育に伴う生理的，生態的および形態的変化について総括的に検討する．

材料および方法

第3章のオホーツク海海域の調査で得られた尾叉長3.2～14.3cmのサケ稚魚のホルマリン標本307尾を用いて，鱗の出現状況，パルマークの有無，および第1鰓耙の鰓耙数を調べた．鱗は背鰭の後端から脂鰭の後部の間の側線の上下1～2列の部位に最も早く出現するので[102]，その部位から採取して実体顕微鏡下で観察した．鰓耙数は実体顕微鏡下で痕跡的なものまで含めて数えた．さらに，これらの標本に太平洋海域で得られた尾叉長10～14cmの標本70尾を加えた計377尾について，体重，尾叉長，頭長，眼径，上顎長，口幅，胸鰭長，背鰭基底長，背鰭高，臀鰭基底長，臀鰭高，尾鰭長，体高，体幅，および肛門位長の計15項目の形態学的測定を行った．長さはノギスを用いて0.1mmまで計測した．

一方，稚魚の成長に伴う遊泳行動の変化については，第1～第4章で述べたオホーツク海海域と太平洋海域での調査の際に得られた知見を用いて検討した．また，発育に伴う食性および餌の大きさの変化については，1980年5月～1983年6月に浦河，広尾，釧路，桂恋，昆布森，花咲，湾中，風蓮湖，羅臼，および宇

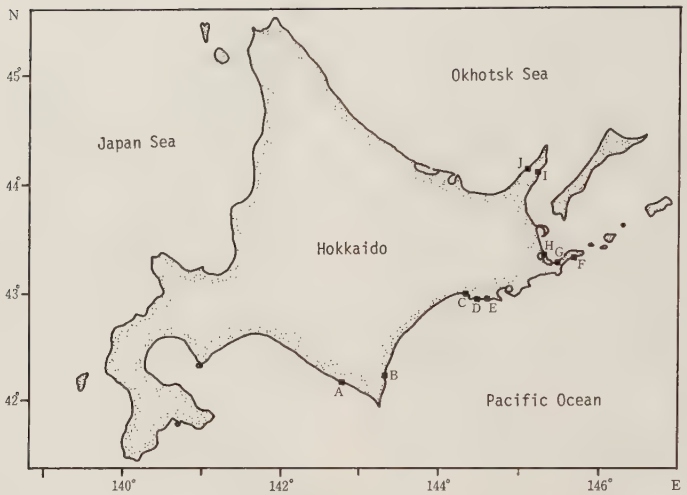


Fig. 72. 1980～1983年のサケ稚魚の採集地点. A：浦河, B：広尾, C：釧路, D：桂恋, E：昆布森, F：花咲, G：湾中, H：風蓮湖, I：羅臼, J：宇登呂
Harbours where juvenile chum salmon were collected in 1980-1983. A: Urakawa, B: Hiroo, C: Kushiro, D: Katsurakoi, E: Konbumori, F: Hanasaki, G: Wanchu, H: Lake Furen, I: Rausu, J: Utoro.

Table 24. 胃内容物調査のために1980～1983年に北海道東部の10カ所の小港で採集されたサケ稚魚の個体数および尾叉長範囲
Number and fork lengths of juvenile chum salmon collected for stomach contents studies from ten harbours in eastern Hokkaido in 1980-1983.

Location	Year	Period	Number of fish examined	Range of FL (mm)	Average FL (mm)
Urakawa	1981	June	17	34 - 54	42
Hiroo	1982	May	70	33 - 53	44
Kushiro	1982	June	22	39 - 72	53
Katsurakoi	1981	May-June	126	32 - 74	46
	1982	April-June	114	32 - 71	49
	1983	April-May	43	32 - 70	45
Konbumori	1981	May	58	33 - 60	41
	1982	June	27	39 - 62	50
Hanasaki	1982	June	21	36 - 56	46
Wanchu	1980	June	27	39 - 71	57
Lake Furen	1980	June	30	33 - 55	45
Rausu	1983	June	25	44 - 80	61
Utoro	1980	May	25	32 - 48	39
Total			605	32 - 80	47

登呂など北海道東部地方を中心とした10カ所の小港(Fig. 72)で得た合計605尾の稚魚の資料を用いた(Table 24).

さらに，稚魚の成長に伴う生理的変化等については関連の文献に基づいて考察した.

結　　果

1. 発育に伴う形態の変化

1) 鱗の形成

尾叉長を5㎜間隔で区分し，尾叉長階級ごとに鱗を有する個体の割合を計算して Fig. 73 に示した．これによると，尾叉長3.5～3.9cm のものでは大部分の個体にまだ鱗が形成されておらず，4.0～4.4cmのものでは34% の個体に鱗が形成されていた．さらに，尾叉長4.5～4.9cm のものでは72%の個体に鱗が形成されており，5.0cm 以上のものでは大部分の個体に鱗が形成されていた．

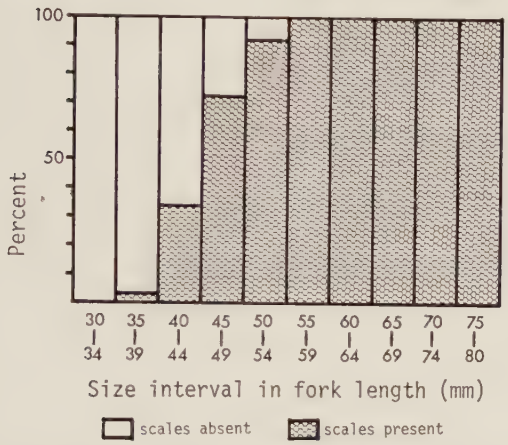


Fig. 73. サケ稚魚の各尾叉長階級における鱗を有する個体の割合
Ratios of juvenile chum salmon with scales.

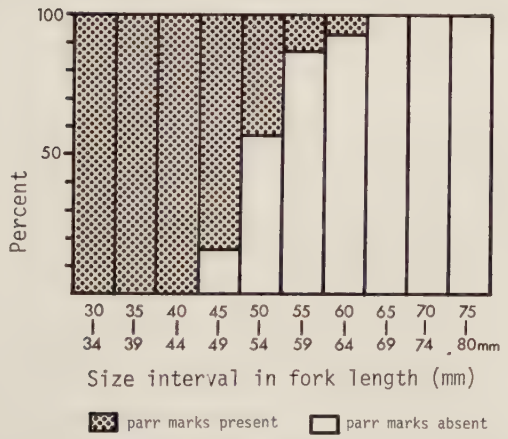


Fig. 74. サケ稚魚の各尾叉長階級におけるパルマークを有する個体の割合
Ratios of juvenile chum salmon with parr marks.

同様に，パルマークを有する個体の割合を尾叉長階級ごとに計算して Fig. 74 に示した．尾叉長4.9cm 以下のものでは大部分の個体にパルマークが認められたが，5.0cm 以上のものではパルマークが不明瞭な個体が多くなり，6.0cm 以上のものでは大部分の個体にパルマークが認められなかった．

以上のように，サケでは尾叉長5 cm以上になるとほとんどの個体で鱗が形成され，それとほぼ時期を同じくしてパルマークが不明瞭になり，さらに，体側が銀白色になるとともに，背鰭および尾鰭末端の黒化が顕著になった．

2) 鰓耙数

成長に伴う鰓耙数の変化を Fig. 75 に示した．鰓耙数は，調査した尾叉長範囲では14～24本で，成長に伴って増加する傾向が認められた．サケ成魚の鰓耙数は，HIKITA[103] の資料によれば，21～24本が大部分である．小型の個体では鰓耙はまだ未発達で，定数に達していないが，早いものは尾叉長5 cmで定数に達するものが出始め，尾叉長8 cm以上の個体はほとんどが定数に達したと考えられる．また，尾叉長11cm以上の個体は すべて鰓耙数が21本以上であった．

3) 肥満度

体重 (g) を尾叉長 (cm) の3乗で除した値を千倍したものを肥満度とし，尾叉長との関係を Fig. 76 に示した．肥満度は尾叉長3.2 cmから5 cm前後にかけて若干増加傾向を示し，5 cm前後から11 cm前後にかけてはほぼ横這いの傾向を示し，12 cm前後から14 cmにかけては再び増加傾向がみられた．

4) 相対成長

稚魚の各部位の長さの尾叉長に対する比率を計算し，尾叉長に対する関係を Fig. 77 および Fig. 78

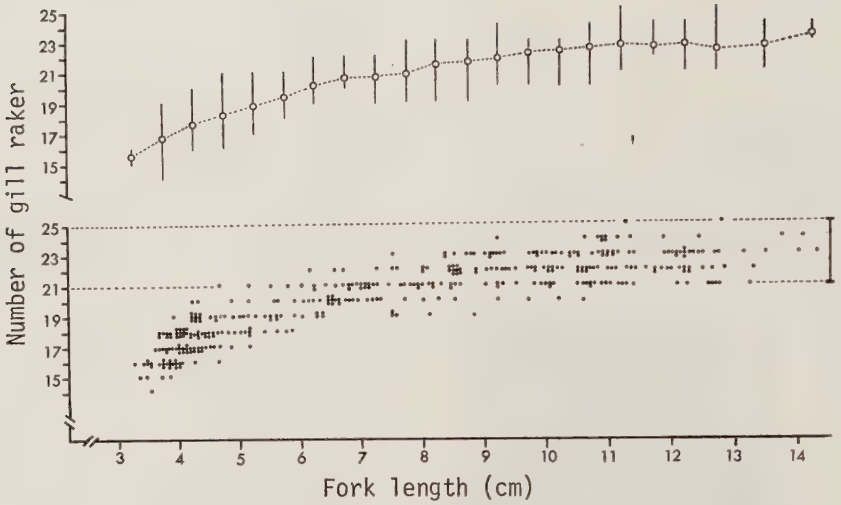


Fig. 75. サケ稚魚の成長に伴う鰓耙数の変化．白丸と縦線は尾叉長5mmごとの鰓耙数の平均値と範囲．下図の縦線はサケ成魚における鰓耙数の通常の範囲を示す
Changes in gill raker number with development of juvenile chum salmon. Open circles with vertical rules show average and range by 5 mm fork length interval. Vertical bars in the lower figure are the range of ordinary gill raker numbers in adult fish.

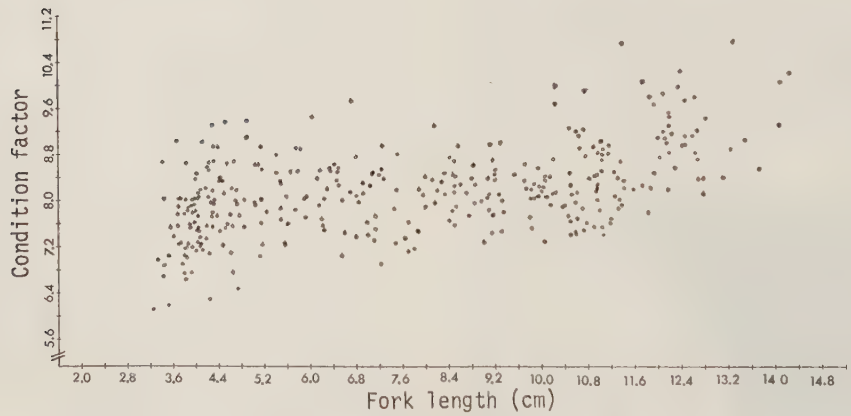


Fig. 76. サケ稚魚の成長に伴う肥満度（体重／尾叉長^3×10^3）の変化
Changes in condition factor (body weight/fork length^3×10^3) with development of juvenile chum salmon.

に示した．眼径，口幅，胸鰭長および尾鰭長では，尾叉長5cm前後と9～10cm前後に相対成長の変曲点が認められた（Fig. 77）．しかし，9～10cm前後の変化は5cm前後の変化に比べて小さく，それほど明瞭ではない．これらの部位では尾叉長が小さい時ほど各部位の尾叉長に対する比率は大きかった．また，上顎長，尾鰭高および頭長では尾叉長9～10cm前後に相対成長の変曲点が認められ（Fig. 77），これらの部位では前記と同様に，尾叉長が小さい時ほど各部位の尾叉長に対する比率は大きかった．さらに，背鰭高では尾叉長6cm前後に，また，体高および肛門位長では，尾叉長5cm前後に相対成長の変曲点が認められた（Fig. 78）．背鰭高では尾叉長が小さい時ほど尾叉長に対する比率は大きく，体高および肛門位長では，逆に尾叉長が小

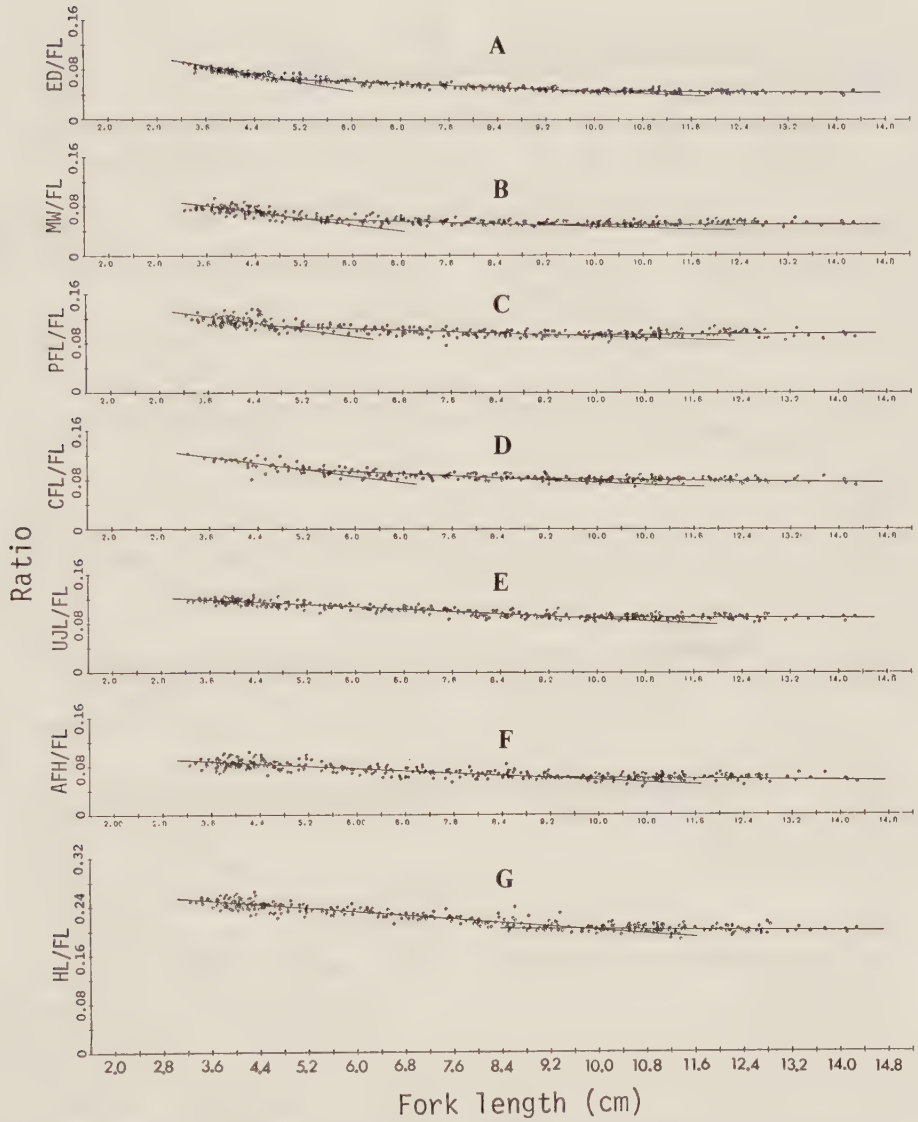


Fig. 77. サケ稚魚の成長に伴う各部位の長さの尾叉長に対する比率の変化．A：眼径（ED），B：口幅（MW），C：胸鰭長（PFL），D：尾鰭長（CFL），E：上顎長（UJL），F：臀鰭高（AFH），G：頭長（HL）
Changes in ratios of body parts to fork length of juvenile chum salmon. A : eye diameter (ED), B : mouth width (MW), C : pectoral fin length (PFL), D : caudal fin length (CFL), E : upper jaw length (UJL), F : anal fin height (AFH), G : head length (HL).

さい時ほど各部位の尾叉長に対する比率は小さく，5 cm以上でほぼ一定になった．しかし，背鰭基底長および臀鰭基底長では，相対成長に顕著な変曲点は認められず（Fig. 78），それぞれの部位の尾叉長に対する比率は尾叉長が大きくなるに従って相対的に若干小さくなる傾向が認められた．体幅では尾叉長12 cm前後に不連続点が認められた．体幅の尾叉長に対する比率は尾叉長12 cm以下ではほぼ一定であった．

2. 発育に伴う生態の変化

1) 分布

第1章，第3章および第4章で述べたように，尾叉

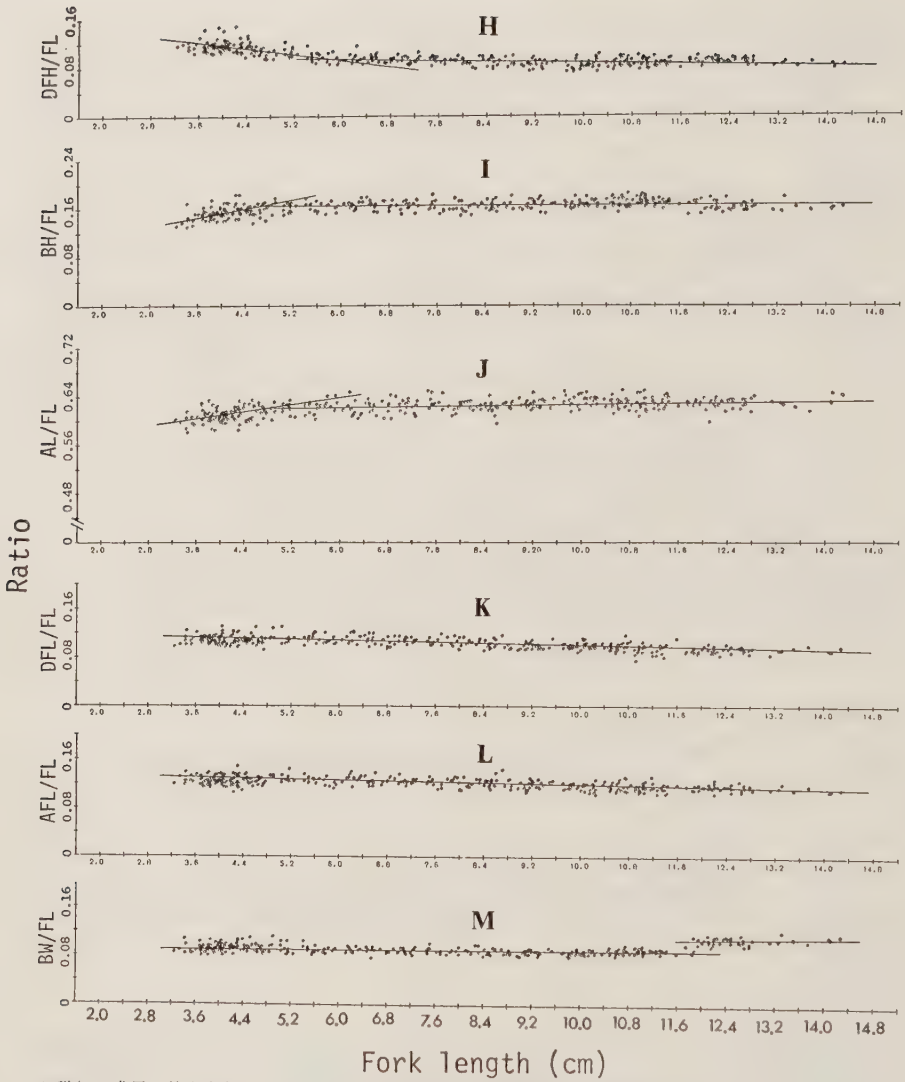


Fig. 78. サケ稚魚の成長に伴う各部位の長さの尾叉長に対する比率の変化. H：背鰭高（DFH），I：体高（BH），J：肛門位長（AL），K：背鰭基底長（DFL），L：臀鰭基底長（AFL），M：体幅（BW）
Changes in ratios of body parts to fork length of juvenile chum salmon. H : dorsal fin height (DFH), I : body height (BH), J : preanal length (AL), K : dorsal fin length (DFL), L : anal fin length (AFL), M : body width (BW).

長3～5 cmの稚魚は各地の小港や入江を中心に分布し，網走湾では，距岸3.6km以内，水深30m以浅の岸ぞいに分布した（Fig. 29）．尾叉長6～7 cmを主体とする稚魚は，網走湾では距岸18km以内，水深200m以浅の陸棚の範囲に多く分布した．北海道の太平洋海域では，5月下旬～6月上旬に平均尾叉長7～8 cmの稚魚が距岸40km以内に分布し，6月中旬～下旬に平均尾叉長7～11cmの稚魚が距岸30km以内に分布した．また，7月上旬～中旬に平均尾叉長8～12cmの稚魚が距岸40km以内のほぼ陸棚の範囲に分布した．さらに，東北沖の太平洋海域では，平均尾叉長7.5～9.5cmの稚魚が距岸70～100kmに分布した（Figs. 45, 47）．尾叉長12cm以上の稚魚の採集尾数は，オホーツク海，太平洋および日本海のいずれの海域においても少なく

(Tables 9, 14, 19, 23)，本研究の調査範囲外の北海道より東の海域に主に分布するものと推察される．

以上の結果から，サケ稚魚は成長に伴い，ごく沿岸から徐々に沖合寄りあるいは東寄りに分布域を拡大するが，その変化は尾叉長5cm前後，7～8cm前後および12cm前後でとりわけ顕著であると考えられる．

2) 遊泳行動

第1章で取り上げた昆布森港および桂恋港では，4月下旬～5月上旬頃，サケ稚魚は数十尾から数百尾が一つの群れを作って，港の奥の岸壁ぞいに極めてゆっくりと遊泳していた．この頃の稚魚の尾叉長は3.3～4.5cmで，群れの各個体は必ずしも同一方向を向いておらず，“群がり”[104]に近い状態を示した．5月下旬～6月中旬には，稚魚は岸壁から数m離れた水面下30～50cmあたりを群れをなして遊泳していた．この頃の稚魚の尾叉長は4.5～6.0cmのものが多く，稚魚は各々の間隔を保ちながら隊列を組んで極めて活発に遊泳した．

一方，道東沿岸の他の小港やオホーツク海沿岸の港や入江でも，5月の調査時には同様にサケ稚魚が数十尾から数百尾の群れあるいは群がりを形成しているのが観察された．しかし，後述するような6～7月に見られた集魚灯下で旋回する群泳行動は観察されなかった．6～7月頃，サケ稚魚は，ある場合は集魚灯を点灯すると同時に多方向より単独で次々に灯下に来遊し，10分後には数十尾の群れをつくり始め，30分後には数百尾の群れとなった．また，数尾あるいは数十尾の集団で次々に来遊した場合もあった．そして，一度群れをつくると灯火の届く範囲内を去らず，灯下でぐるぐる旋回しながら群泳した．また，ある場合は単独で来遊して，灯火に近づいたり離れたりするが，しばらくすると泳ぎ去った．尾叉長5～6cmの小型の稚魚は水面近くを一直線に泳いで来て，時々停止しながら灯の真下までしばしば近づいてきた．それに対して，尾叉長8～9cm以上の大型の稚魚は，灯火に近づく場合でも，水面近くより少し下層を泳ぐ傾向がみられ，個体数の多い場合は灯下の水面下0.3～2.0mあたりで数百尾の群れとなって群泳するのが観察された．とくに尾叉長11～12cm以上の大型稚魚は，集魚灯下でもほとんど水面に現われず，泳ぎも敏捷で，タモ網による採集は極めて困難であった．従って，これらの大きさの稚魚は集魚灯下で主として釣りにより採集したものである．

以上の結果から，サケ稚魚は成長に伴って群れとしての遊泳行動が活発になり，遊泳層を水面近くからより深い層まで広げるものと考えられる．

3) 光に対する反応

サケ・マス稚魚の光に対する反応に関しては，ふ化直後から降河期に至る時期のものについての報告[105,106]があるだけで，それらの報告でも，ふ化直後あるいは降河中のカラフトマス稚魚は光を避け，少し大きくなったものは光に反応せず，また，サケ稚魚は光に対して明確な反応を示さないということである．そして，海洋生活期におけるサケ稚魚の光に対する反応に関する知見は，三次[107]が集魚灯にやや集まる魚として幼生期のサケ・マスをあげている以外ほとんど見当らない．今回の調査では，小港内に滞泳する尾叉長3～4cmの小型の稚魚は，晴天時の観察中に曇ると海面から姿を消すなど，明るさに敏感に反応して行動した．また，この時期には集魚灯に対して積極的な反応を示さないにもかかわらず，夜間に岸壁の外灯の下に多数の稚魚が蝟集していたことから，弱い正の走光性の存在が示唆される．一方，沿岸から沖合にかけて分布した尾叉長5cm以上の稚魚は，前述したように比較的強い正の走光性を示した．今回の調査で集魚灯下で採集されたサケ稚魚の尾叉長範囲は2.9～14.3cmであり，少なくともこの範囲の大きさの稚魚は正の走光性を示すと言えよう．

一方，摂餌の日周期に関する調査結果 (Figs. 12, 24) から，稚魚は日中に活発に摂餌を行い，夜間はほとんど摂餌を行わないことが明らかになり，摂餌活動が照度と密接に関連していることが推察される．稚魚の発育段階により摂餌開始の時間，すなわち照度が若干異なる可能性もあるが，資料が少なく詳しく検討できなかった．一般に，魚類の走光性は発育段階や生理状態によっても変化することが知られている[108]．海洋生活期のサケ稚魚の光に対する反応に関してはまだ不明な点が多く，発育段階や生理状態と走光性の関係についてもさらに詳細に検討する必要があろう．

4) 食性および餌の大きさ

道東沿岸の小港における調査結果に基づき，サケ稚魚の成長に伴う食性および餌の大きさの変化について検討した．サケ稚魚の胃内容物中に出現した餌生物の主要なものについて，餌項目別に体長および体幅（あ

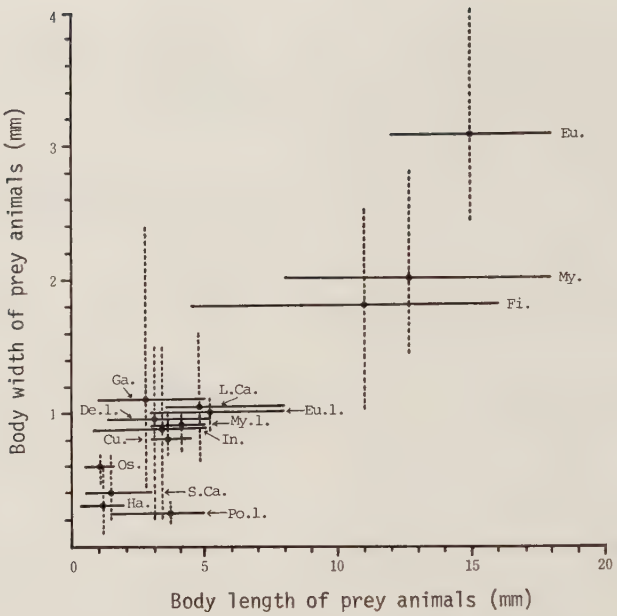


Fig. 79. 1980～1983年に北海道東部の小港で採集したサケ稚魚の胃内容物中に出現した餌生物の大きさ．実線は体長の範囲，破線は体幅の範囲を示し，交点はそれぞれの平均値を示す．Eu.：オキアミ類，My.：アミ類，Fi.：魚類稚仔，Ga.：ヨコエビ類，L. Ca.：大型の橈脚類，Eu. l.：オキアミ類幼生，De. l.：十脚類幼生，My. l.：アミ類幼生，In.：昆虫類，Cu.：クマ類，Os.：貝虫類，S. Ca.：小型の橈脚類，Ha.：ハルパクチクス類，Po. l.：多毛類幼生

Size of prey animals in the stomachs of juvenile chum salmon collected from small harbours in eastern Hokkaido in 1980 1983. Solid lines indicate the body length and dashed lines the body width. Eu.: Euphausiacea, My.: Mysidacea, Fi.: Fish larvae, Ga.: Gammaridea, L. Ca.: large Calanoida, Eu.l.: Euphausiacea larvae, De.l.: Decapoda larvae, My. l.: Mysidacea larvae, In.: Insects, Cu.: Cumacea, Os.: Ostracoda, S.Ca.: small Calanoida, Ha.: Harpacticoida, Po.l.: Polychaeta larvae.

るいは体高）を測定し，その平均値と範囲を Fig. 79 に示した．稚魚が食べていた餌の大きさは体長で0.3～18.0㎜，体幅で0.1～4.0㎜の範囲であった．次に，稚魚の尾叉長を5㎜間隔で区切って，尾叉長階級別に餌項目の出現率を求め，Fig. 80 に示した．餌項目の順序は前記の各餌項目の平均体幅（Fig. 79）を基準にして，上から順に小型のものから大型のものへと並べてある．これによって，サケ稚魚は尾叉長の小さい個体ほど小型の餌であるハルパクチクス類やカラヌス類をよく食べ，成長に伴ってより大型の餌であるヨコエビ類，魚類稚仔，アミ類およびオキアミ類などをよく食べるようになることがわかる．この点に関して，さらに検討するために，稚魚の尾叉長と胃内容物中に出現した餌生物の体長および体幅の関係を Fig. 81 に示した．稚魚の尾叉長と餌生物の最大体長および最大体幅との間には，それぞれ図中に実線で示したような関係が想定される．これによると，稚魚の尾叉長の3.2cmから5.0cmへの増加に伴って，餌生物の体長の最大値は1㎜から16㎜まで，また，体幅の最大値は0.4㎜から3.8㎜まで急激に増大し，それらの変化はともに尾叉長4.3cm前後で最も顕著であった．稚魚の尾叉長が5.0cm以上になると，餌生物の体長の最大値は18㎜で，また，体幅の最大値は4㎜でほぼ横這いとなった．

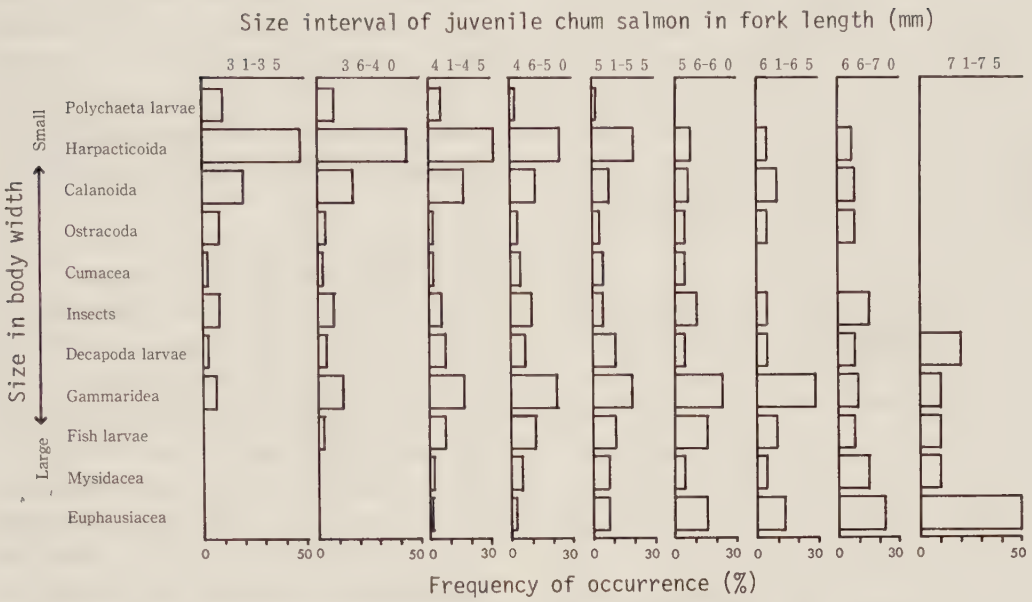


Fig. 80. 1980～1983年に北海道東部の小港で採集されたサケ稚魚の尾叉長階級別の胃内容物の出現率
Food organisms in the stomachs of juvenile chum salmon collected from small harbours in eastern Hokkaido in 1980-1983.

考　　察

Okada and Taniguchi[24] は，ごく沿岸に分布する時期のサケ稚魚の尾叉長と餌の大きさとの関係を検討し，稚魚の尾叉長で5.5cmを境にして餌の体幅の最大値が急激に増大することを指摘したが，今回の調査結果は，その急激な変化の時期が彼らの指摘より若干早く，尾叉長4.3cm前後で起こることを示している．今回得られた稚魚の尾叉長と餌の大きさとの関係（Fig. 81）を見ると，尾叉長3cm台の稚魚は5cm以上の稚魚に比べて極めて小型の餌しか食べていない．このことは尾叉長でほぼ4cm以下の小型個体は遊泳力や口の大きさなどの制限要因によって，一定の大きさ以下の餌しか食べることができないことを示唆している．そして，尾叉長5cm以上に成長した稚魚は，より大型の餌であるヨコエビ類，魚類稚仔，アミ類，およびオキアミ類等を選択的に食べるようになると推察される．多くの魚種で，成長とともに餌生物種や餌の大きさが変化することが知られているが[109,110]，このことは成長に伴う遊泳力の増大や口径の拡大に密接に関連し[109]，それがまた捕食可能な餌生物の大きさおよび範囲の拡大に繋がるものと考えられる．上述したように，昆布森港および桂恋港での観察によれば，尾叉長3～4cmの稚魚は“群がり”に近い状態で岸壁近くを極めてゆっくり遊泳したが，尾叉長5cm以上の稚魚は群れをつくって活発に遊泳した．また，水槽実験によれば，サケ稚魚の遊泳力は尾叉長で3cmから5cmに成長するに伴って急激に増大した（中野私信）．そして，口幅，眼径，胸鰭長，および尾鰭長の尾叉長に対する相対成長（Fig. 77）において，尾叉長5cm前後に変曲点が認められたことなどはこの推察を裏付けるものである．

さらに，より沖合寄りに分布した尾叉長8cm以上を主体とする稚魚は，クラゲノミ類の *Parathemisto japonica*，橈脚類の *Calanus plumchrus*，およびカニ類幼生等を主に食べていた（Figs. 40, 57, 68）．このうち，*P. japonica* とカニ類幼生は表層に密集分布することが知られており[76,111]，また，*C. plumchrus* は春期に表層に移動すると言われている[112]．今回のプラ

Fig. 81. サケ稚魚の尾叉長と稚魚が捕食していた餌生物の体長（A）および体幅（B）との関係．実線はほぼ餌生物の最大体長および最大体幅を示す
Relationship between fork length of juvenile chum salmon and body length of prey (A), and body width of prey (B). Solid line indicates approximate maximum length and width of food organisms, respectively.

ンクトン調査でも，これらの餌生物は表層の動物プランクトンの主要な構成種であった（Suppl. tables 12, 15）．

以上のことから，より成長したサケ稚魚は表層近くに高密度で分布する比較的大型の餌を選択的に摂餌するものと推察される．サケ稚魚が大型の餌を選択的に摂餌することは，エネルギー効率の面から見て，合理的であると考えられる．すなわち，稚魚は日中に視覚により餌を確認し，1個体ずつ捕食するため，小型の餌を数多く捕食して必要量の餌を獲得するより，大型の餌をより数少なく捕食する方が，捕食に要する運動エネルギー等を考慮すると効率が良い．LeBrasseur[58] は小型の餌が大型の餌よりはるかに多い場合でも，大型のものを食べるより小型のものを食べる時の方が1日の糧を得るのに困難が大きいことを明らかにしている．

サケ稚魚の成長に伴って，分布域がごく沿岸からより沖合へ拡大する傾向がみられることを，第1章，第3章および第4章で指摘したが，本章での検討の結果，分布域の変化と並行して上述したような一連の形態的変化があり，加えて，遊泳行動および食性の変化等の生態的変化が起きていることが明らかになった．一連の形態的変化と生態的変化の時期を尾叉長に対して整理し Fig. 82 に示した．上述した一連の変化はいくつかの特定の大きさに集中して生じる傾向が認められる．すなわち，生態の面で大きな変化が見られた尾叉長5 cm前後，8 cm前後および12 cm前後で，形態の上でも何らかの変化が見られ，とくに5 cm前後では多くの変化が認められた．Martin[113] によれば，相

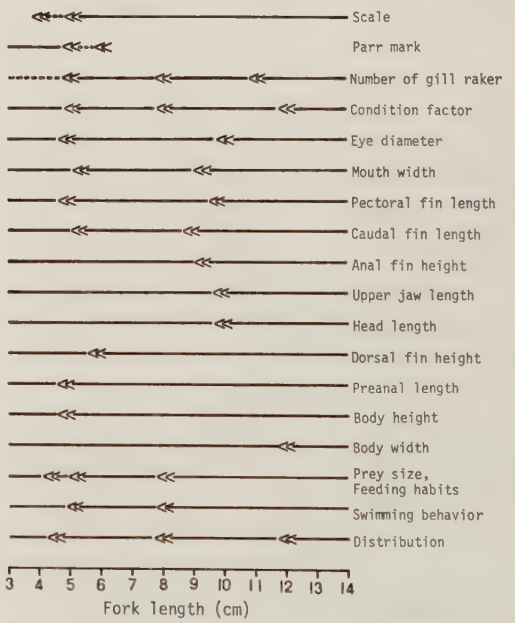


Fig. 82. サケ稚魚の成長に伴う形態的および生態的変化．矢印は変化する大きさを示す
Changes in morphological and ecological characteristics in juvenile chum salmon development. Arrows indicate the sizes of change.

対成長に見られる傾斜の変化は生物体中での急激な変化の発現を示し，これらの時期に発育上の飛躍的な変化が起きているものと推察される．なお，形態面では尾叉長9～10 cmにいくつかの部位で変曲点が認められ，これは生態的な変化の時期と若干ずれているように見受けられるが，前述のようにこれらの相対成長の変化はそれほど顕著ではない．

一方，生理的な面では，サケとカラフトマスは他のサケ・マス類に比べて発育の早い段階，すなわちふ化直後からある程度の塩分抵抗力を示す[114-116]．また，塩分嗜好性は降海移動時に発現し，発育の早い段階では成長に伴って増加することが知られている[117]．サケ稚魚の浸透圧調節能力に関して，IWATA *et al.*[118, 119]は卵黄吸収後は成長に伴って低下すると考えたがHOUSTON[120]は成長に伴って浸透圧調節能力は増すことを報告し，また，KASIWAGI and SATO[121]および柏木・飯岡[122]は，サケ稚魚の塩分抵抗の能力はふ化後の日齢が増すにつれて徐々に強まり，90日齢の稚魚（尾叉長6 cm，体重2 g）は100%海水中で完全に生き残ることを示した．一方，平野ら[123]は尾叉長約10cm以上の稚魚では成長に伴って浸透圧調節能力は大きく変化しないことを報告し，また，中野ら[124]は尾叉長5 cm以上では，浸透圧調節能力は変化しないと考えた．これらの結果には矛盾するものもあり，結論は出ていないが，一定の大きさ（おそらく尾叉長5～6 cm）までは成長に伴って浸透圧調節能力は増加し，それ以上の大きさでは変化しないと考えるのが妥当であろう．NAKANO *et al.*[125]はサケ稚魚の成長に伴う表皮中のグアニンおよびヒポキサンチン量の変化を調べ，両者は成長に伴って増加し，グアニンは尾叉長4.8cm，また，ヒポキサンチンは尾叉長6.5cmでピークに達し，さらに，両者の合計値は尾叉長6.5cmでピークに達することを明らかにし，この時期にサケでもスモルト化が起こると述べている．

以上の結果は，河川から降海したサケ稚魚が生理的に海水に完全に順応するためにはある程度の時間，すなわち，一定の大きさに達するまでの日数が必要なことを暗示している．これに関連して，今回の調査でも尾叉長4.5 cm以下の小型の稚魚は各地の小港内に滞留することが観察され，また，IWATA and KOMATSU[126]はサケ稚魚の海水適応に果たす河口域での滞留の重要性を指摘した．

他方，中野ら[127]はサケ稚魚の成長に伴う酸性フォスファターゼ活性，総蛋白質，RNAおよびDNA量の変化を調べ，それらが尾叉長3.7cm，5.2～5.6 cm，および8.0cm前後で大きく変化することを指摘した．また，稚魚の成長に伴う酸性プロテアーゼ活性の変化は尾叉長3.7cmで最大になり，この時期に内部栄養から外部栄養への転換が行われるものと考えた[128]．さらに，グリコーゲン量は成長に伴い尾叉長5.0cm以降急激に増加していることから，この時期に遊泳力が増加するものと推察した[129]．ここで，尾叉長3.7 cmが成長の転換点として新たに浮かび上がってきたので，再び前記の相対成長（Figs. 77, 78）を見ると，口幅，背鰭高，肛門位長等で尾叉長3.7cm前後に変曲点の存在が予想される．

以上の結果を総合すると，海洋生活初期のサケ稚魚の発育過程は，尾叉長で3.7cm前後，5 cm前後，8 cm前後，および12cm前後で大きく変化することが推察され，これらの変化は生理的，生態的および形態的変化において互いに密接に関連していることが明らかになった．ここでは，海洋生活初期のサケ稚魚の発育過程を，A（尾叉長3～5 cm未満），B（尾叉長5～8 cm未満），C（尾叉長8～12cm未満）およびD（尾叉長12cm以上）の四つの段階に区分し，各段階の形態的および生態的特徴を整理してTable 25に示した．ただし，尾叉長3.7cm以下の時期については，今回は詳しく調べていないので尾叉長3～5 cmに含めて取り扱った．また，尾叉長12cm前後における変化は前述の5 cm前後および8 cm前後の変化に比べてそれほど明確ではない．

段階A：河川から降海してまだ生理的，生態的に海洋生活に十分適応していない段階．尾叉長3～5 cm未満．この間，尾叉長3.7cm前後で内部栄養から外部栄養への転換が起こる．距岸1.8km（1海里）以内のごく岸ぞいに分布し，小港や入江でとくに多い．形態的特徴では体側にパルマークがあり，鱗と鰓耙が未完成である．眼径，口幅，胸鰭長等が体に比して大きい．生活する水塊は河川水の影響を受けた低塩分の沿岸水である．ハルパクチクス類，小型のカラヌス類，小型のヨコエビ類等の小型動物プランクトンを主に食べる．集群性はやや強く，水面近くを泳ぐ．遊泳力はそれほど強くない．弱い正の走光性を示す．

Table 25. サケ稚魚の発育段階とその形態的，生態的および行動的特徴
Substages and morphological, ecological, and behavioral characteristics in the development of juvenile chum salmon.

Developmental stage	Range of FL (cm)	Distribution area	Morphological characteristics	Habitat (water mass)	Food organisms	Behavioral characteristics
A	3 — 5	Coastal within 1.8 km Small harbours, inlets	Parr marks present. Scales incomplete. Gill rakers incomplete. Eye diameter, mouth width and pectoral fin length is large against fork length.	Coastal water	Small zooplankton; Harpacticoida, Calanoida, small Gammaridea	Schooling behavior. Swim near surface water. Phototaxis not so strong.
B	5 — 8	Coastal within several kilometers	Parr marks become obscure. Scales formed. Silvering advanced. Tips of dorsal and caudal fins become blackish. Smoltification.	Coastal water	Large zooplankton; Calanoida, Gammaridea, Fish larvae, Mysidacea, Euphausiacea	Schooling and migration behavior strong. Phototaxis strong.
C	8 — 12	Inshore to offshore	Ratio of each body part fixed. Gill rakers complete.	Coastal water, mixed water and lower salinity area of warm water	Large zooplankton; Calanoida, Hyperiidea, Decapoda larvae, Fish larvae	Schooling and migration behavior strong. Phototaxis strong. Swim below surface water.
D	12 <	Offshore	Condition factor and body width increase.	Offshore cold water	Large zooplankton; Calanoida, Hyperiidea, Fish larvae	Schooling and migration behavior strong. Phototaxis observed. Swim below surface water.

段階B：海洋生活への適応が徐々に進み，沖合への移動の準備を整えつつある段階．尾叉長 5～8 cm未満．ごく沿岸からより沖合に向かって徐々に分布を広げ，距岸数 km 以内の岸ぞいに分布する．形態的には鱗が形成されるとともに体表の銀毛化が進み，背鰭と尾鰭の先端が黒化し始める．パルマークが消失する．いわゆるスモルト化[130]が完成する時期と考えられる．低塩分の沿岸水中に分布する．中型の橈脚類を中心に魚類稚仔，アミ類，オキアミ類等の大型の動物プランクトンを選択的に食べる．遊泳力が増し，集群性が強まる．強い正の走光性を示す．

段階C：海洋生活に完全に適応し，外洋への回遊を始める段階．尾叉長 8～12 cm未満．沿岸から沖合まで広く分布する．形態的には体の各部分比がほぼ一定になり，成魚の体型に近くなる．鰓耙が完成する．低塩分の沿岸水，混合水および暖流系水の低塩部に分布する．大型の橈脚類，クラゲノミ類，カニ類幼生等の表層に高密度で集中分布する動物プランクトンを主に食べる．集群性と移動性がさらに強まる．正の走光性を示す．

段階D：活発に回遊し，普通はすでに沖合海域へ移動している段階．尾叉長 12cm 以上．体幅および肥満度が増す．オホーツク海表層水，親潮系水等の沖合冷水中に分布する．今回の調査で採集されたサケ稚魚の最大尾叉長は 14.3cm で，尾叉長 12cm 以上の個体数の全体に占める割合はオホーツク海海域では 0.3%に過ぎず，これらはすべて国後島沖～択捉島沖海域で採集された．また，太平洋海域では尾叉長 12cm 以上の個体数は全体の 4.8% に過ぎなかった．どの海域でも尾叉長 12cm 以上の個体の採集尾数が，それより小さい個体の採集尾数に比べて極端に減少していることは，この大きさの稚魚が活発に沖合への回遊を行っていることを示唆している．さらに，Birman[37] によれば，オホーツク海の沖合域では 8 月に体長 11～17 cm（平均 12.7cm）の稚魚が採集されており，このこともこの仮説とよく一致する．

サケ稚魚の生活史における沿岸滞泳期あるいは離岸期という用語の定義は明確ではないが，生息域を基準にして，海洋生活期を沿岸生活期と沖合生活期に区分すると，両期にまたがる過渡的な時期を離岸期，それ以前の沿岸生活期を沿岸滞泳期と考えることができる．ここではそれらの区分に発育段階的な区分を加味し，稚魚自身が沿岸を離れて沖合に回遊するのに十分な発育段階に達した時点を離岸期の始まりと考え，大部分の稚魚が沿岸から姿を消す時点をその終わりと考えることにする．サケ稚魚の発育に伴う生理的，生態的および形態的変化に基づいて発育段階を小区分した結果（Table 25）に従えば，大きさでは尾叉長 3～8 cm未満の稚魚を沿岸滞泳期，8 cm以上の稚魚を離岸期に入ったものと考えることができよう．また，大部分のサケ稚魚が沿岸から離脱する頃の大きさは，尾叉長 12cm前後と考えられることから，離岸期の稚魚は大きさで尾叉長 8～12 cm未満のものに該当する．そして，尾叉長 12cm以上の稚魚は沖合生活期に当たると考えられる．

今回の調査では，北海道太平洋海域の港内を除く沖合で採集された稚魚の 88% が，また，東北沖の太平洋海域で採集された稚魚の 92% が尾叉長 8～12cm の個体によって占められており，前述した離岸期稚魚の大きさにほぼ合致していた．しかし，網走湾海域では離岸期稚魚に相当する大きさのものは採集された稚魚の 25% に過ぎず，大部分は沿岸滞泳期に相当する大きさのものであった．

第7章　総　合　討　論

1. 分布様式

1) 遊泳層

サケ・マス類の幼魚は表層で生活すると信じられている[131]が，海洋生活初期のサケ稚魚の遊泳層に関する詳しい知見はほとんどない．Chupakhin and Kaev[36] は択捉島沿岸で 7 月に平均体長 5.3cm のサケ稚魚および平均体長 7.5cmのカラフトマス稚魚が水深 0～3 mの表層に分布すると述べている．待鳥[132]によれば，サケ・マス類の成魚および未成魚は流し網で昼夜とも大部分が 10m 以浅で主に漁獲された．また，Straty[131] によれば，ベニザケ幼魚は夜間は水深 1 m，日中は水深 2 mの流し網に最も多く罹網し，魚探記録では日中は水深 1～3 mに多く，水深 6 mくらいまで像が認められた．さらに，三島ら[133]は，サケ

およびカラフトマス成魚が日没約1.5時間後と日出約1.5時間前に流し網に多く罹網したことから，鉛直的な日周移動の存在を示唆し，これらが餌料動物プランクトンの分布や照度と関連している可能性を指摘した．

本研究では，沿岸滞泳期に相当する尾叉長3～5cmのサケ稚魚が小港内で昼間に水面近くを遊泳するのが観察され，また，それより若干大きい尾叉長6cm前後の稚魚が小港内で水面下約1mくらいの水深帯を群れで活発に泳ぐのが観察された．この時期の稚魚は曇ると海面から姿を消し，晴天時と曇天時では遊泳層を若干変えると考えられた．一方，離岸期の稚魚については，その生活域が表層近くであることを示唆する間接的な知見が得られた．すなわち，網走湾海域では網丈14m，太平洋海域では網丈14m，37m，および44m，日本海海域では網丈44mのまき網を用いてサケ稚魚の採集を試み，いずれの網でも離岸期に相当する大きさの稚魚を採集することができた．用いたまき網の有効水深は構造からみて網丈の2/3以下と考えられるので，各網はそれぞれ9m以浅，25m以浅，29m以浅の層をえい網したことになる．従って，稚魚は9m以浅，少なくとも29m以浅の層に分布していたと考えられる．一方，稚魚は夜間に集魚灯下で集群し，水面近くから水面下約2mくらいまでの層を遊泳するのが観察された．また，サケ稚魚は夜間に水槽内（水深1.5m）で中層と底にばらばらの状態で静止しているのが観察された．そして，第2章で明らかにしたように，稚魚の胃内容物はNORPACネットの鉛直びき採集物に比べてMTDネットの表層びき採集物により類似していた（Table 10）．さらに，第4章で明らかにしたように，離岸期の稚魚は表層近くに密集分布する橈脚類，クラゲノミ類，カニ類幼生，および落下昆虫などを主に食べていた（Fig. 57）．

以上の結果は，サケ稚魚がごく表層近くで生活していることを間接的に裏付けるものであり，また，表層内でも昼夜あるいは照度により稚魚の遊泳層は若干変化することを暗示する．稚魚の遊泳層は餌料の利用可能性や沿岸域におけるサケの海洋収容力を考える上で重要な問題であり，今後さらに詳細に解明する必要があると考える．

2） 距岸距離と稚魚の分布および大きさ

サケ稚魚の分布範囲に関しては，沿岸滞泳期の稚魚についての知見があるだけで，より沖合域を含めた稚魚の分布については，ほとんど知見がなかったが，本研究の結果，北海道周辺およびその隣接海域における稚魚の分布範囲がほぼ明らかになった．すなわち，オホーツク海の網走湾海域ではサケ稚魚は距岸18km以内に多く分布し，太平洋海域では距岸30km以内に，また，日本海の津軽海峡周辺海域では距岸20km以内に多く分布した．オホーツク海，太平洋，および日本海のいずれの調査海域においても，サケ稚魚は岸ぞいに分布し（Figs. 29, 45, 60），大部分が陸棚の範囲内に分布した．また，稚魚の分布密度は一般に岸寄りほど高かった（Figs. 30, 46, 62）が，例外的に，東北沖の太平洋海域では，一時期，距岸約100kmの沖合に多数の稚魚の分布が見られた（Figs. 45, 46）．以上の結果から，巨視的に見ればサケ稚魚は陸地ぞいに分布すると言えよう．

距岸距離と稚魚の大きさの関係について，沿岸滞泳期の稚魚では岸寄りほど小型の個体が多く，沖合寄りほど大型の個体が分布する傾向が認められたが，離岸期の稚魚ではこの傾向は明瞭でなかった（Fig. 47）．また，石狩湾の小型定置網では，岸寄りの網で採捕された稚魚の尾叉長は沖寄りの網で採捕されたものより小さかった[134]．そして，笠原[135]によれば，根室海峡沿岸の渚帯で採捕した稚魚は沖合の定置網に乗網したものより明らかに小型であった．以上の結果は，稚魚が成長とともに徐々に沖合寄りに分布を拡大することを示すものである．

3） 東西，南北による稚魚の尾叉長の差異

第3章で，オホーツク海海域では網走湾より東の国後島沖～択捉島沖の海域に大型のサケ稚魚が分布したことを述べたが，同様の現象が他の海域でも見られた．太平洋海域では，厚岸湾を除けば，各航海とも北および東寄りほど大型の個体が分布する傾向が認められた（Fig. 58）．また，日本海海域（津軽海峡東口海域を含む）では，北あるいは東寄りほど大型の個体が分布する傾向が認められた（Fig. 71）．一方，真山ら[29]は，石狩川に放流した標識魚の再捕結果から，サケ稚魚は成長の良い個体から順次北上回遊に移ることを推察している．以上の結果は，大型魚ほど早く北あるいは東寄りに回遊することを示していると考えられる．

4） 離岸期稚魚の群の性状

沿岸滞泳期のサケ稚魚は，小港内で数十尾～数百尾

の群れで遊泳するのが観察されたが，海洋生活初期のサケ稚魚が河口近くや，港湾および入江において，群がりあるいは濃密な群れを形成していることは，以前から各地でよく知られていた[4,34-36,42,63]．しかし，群の性状に関する詳しい知見はほとんどなかった．本研究の結果，沿岸から沖合に移動する時も群れとして行動している場合があること，また，ごく沿岸に滞泳している時期の群と，活発に移動中の群とは集群性に若干差があることが示唆された．サケ・マス類稚魚における群行動の高まりはスモルト化の特徴の一つにあげられており[130]，海洋生活への適応の一側面をなす．かつて HOAR[116] は，群行動が海へ大回遊するサケ属の進化において極めて重要であることを指摘した．

離岸期稚魚の群の大きさについては詳細は不明であるが，それを推測させる間接的な知見が得られた．すなわち，オホーツク海ではまき網により1網で最高183尾のサケ稚魚が採集された．また，太平洋海域ではまき網により1網で最高61尾，釣りにより最高145尾の稚魚が採集された．そして，集魚灯下に集群した稚魚の数はいずれの場合も数十尾～数百尾の範囲であった．BIRMAN[37] はオホーツク海の沖合域でさらに成長した段階のサケ・マス幼魚が大群を形成すると述べているが，群の規模についてはふれていない．本研究結果から推測すれば，サケ稚魚の1群の大きさは最大数百尾で，普通はそれよりさらに小さいものと考えられる．

一方，移動中と考えられる離岸期の稚魚の群は，尾叉長が8～12 cm の範囲にあって単一のモードを持ち，比較的大きさがそろっていた（Table 26）．このことは，離岸期のサケ稚魚の群が，似かよった大きさの個体，すなわち遊泳力のほぼ等しい個体によって構成されていることを示唆している．

5）稚魚の分布と海況条件

稚魚の分布と海況条件との関連については，これまで沿岸域における稚魚の分布と水温との密接な関連が推測されていたが[4,23,27,36,63]，離岸期の稚魚の分布と

Table 26. 1980～1985年に北海道周辺海域で採集された離岸期サケ稚魚群の尾叉長組成
Fork lengths of migrating juvenile chum salmon collected in the waters around Hokkaido in 1980 1985.

Fork length (cm)	Year	1980	1982	1983	1983	1983	1983	1984
	Date	July 3	July 1	June 18	June 19	June 20	July 19	July 5
	Location (N)	44°18′	42°09′	40°20′	41°00′	41°40′	42°56′	42°55′
	(E)	145°17′	142°40′	143°00′	142°30′	143°00′	144°15′	144°10′
	Method*	P	P	S	S	S	A	A
8 - 9		24	4	11	7	12	1	
9 - 10		97	6	37	45	23	24	
10 - 11		55	29	4	8	13	34	19
11 - 12		7	21	1		4	2	96
12 - 13			1					9
Total		183	61	53	60	52	61	124

Fork length (cm)	Year	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1985
	Date	July 5	July 7	July 8	July 9	July 9	July 10	August 6
	Location (N)	42°57′	42°03′	42°55′	42°57′	42°55′	42°55′	42°54′
	(E)	144°15′	143°23′	144°10′	144°57′	144°54′	144°25′	144°50′
	Method*	A	S	A	A	A	S	A
8 - 9		9	12					
9 - 10		37	54	6	1	16	10	9
10 - 11		54	6	73	74	48	21	24
11 - 12		29		22	65	55	9	5
12 - 13					5	20	1	
Total		129	72	101	145	139	41	38

* P: Purse seine, S: Spoon net, A: Angling.

海況条件との関連についてはほとんど知見がなかった．本研究の結果，離岸期サケ稚魚の分布と海況条件との密接な関連が明らかになった．

離岸期のサケ稚魚は，オホーツク海の網走湾海域では主に表面水温 10～13℃，表面塩分 32.3～33.8‰ の範囲に分布した (Fig. 32)．北海道の太平洋海域では主に表面水温 9～13 ℃，表面塩分 31.0～33.0‰ の範囲に分布した (Fig. 49)．また，東北沖の太平洋海域では主に表面水温 11～14℃，表面塩分 33.0～33.9‰ の範囲に分布した．そして，津軽海峡周辺では主に表面水温 9～12 ℃，表面塩分 33.4～33.9 ‰の範囲に分布した (Fig. 66)．稚魚が主に分布した水温・塩分の値は海域によって若干異なるものの，同時に共通性が認められる．すなわち，稚魚が主に分布した水温は 9～13℃ で，その上限は 14℃ 付近にあると考えられる．また，主に分布した塩分は 31.0～33.9‰で，その上限は 34‰ 付近にあると推察される．以上のことから，稚魚は一定範囲の水温や塩分条件を好むと考えられる．

これに関連して，Manzer *et al.*[17] は，北太平洋の沖合域での漁獲結果に基づき，サケ成魚の耐えられる温度範囲は 1～15℃で，好適な温度範囲は 3～11℃ であると述べ，また，未成魚は成魚より幾分高い水温域で漁獲が多いことが指摘されている[20]．一方，Brett[136] の温度耐性実験によれば，サケ稚魚が最も好んだのは 13～14℃ であった．また，小山・上田[137] の温度選択実験によれば，稚魚が最も好んだのは 12.7～14.7℃ であった．さらに，Zinichev and Zotin[138] は温度選択実験の結果，稚魚は 10～13℃ を選択し，これはエネルギー効率が最適な温度 (11℃) と合致することを明らかにした．一方，輿石[139] は水温とサケ稚魚の体重維持摂餌率，餌料効率および蛋白質効率の関係を調べ，体重維持摂餌率は水温 15℃ では 12℃ 以下の 2 倍近い値になり，餌料効率と蛋白質効率が低下することを指摘し，摂餌生理機能上の転換点が 15℃ 前後にあることを推察した．また，中野・矢部[140] は餌料の転換効率は水温 10℃が良いことを明らかにし，酵素の動力学的分析からサケの至適水温が 10℃ 前後にあることを推察した．

以上の結果は，野外における稚魚の分布水温が，サケ稚魚に生得の水温に対する生理的な好適範囲の問題と密接に関連していることを示唆する．そして，15℃ 以上の水温は，サケ稚魚にとって生理的に不適であり，稚魚は 15℃ 以上の水温を避けることが推測される．

一方，サケ稚魚の塩分条件に対する反応については，稚魚期初期の段階で時間的経過に伴って，塩分に対する選択性が増加することが明らかにされ，それが稚魚の河川から海洋への移動の過程で重要な役割を果たすことが推測されている[117]．しかし，塩分条件が稚魚の分布の制限要因として働く可能性については，沖合生活期のサケの分布の南限が 34‰ の等塩分線付近にある[14]ことが知られていた以外，これまで指摘されたことはなかった．今回調査した範囲でサケ稚魚が分布したのは，塩分条件が 34‰ 以下の所であり，それより高塩分の所にはほとんど分布が認められなかった．従って，サケ稚魚にとっては 34‰ 以上の塩分濃度は生理的に不適であり，稚魚は 34‰ 以上の高塩分水を避けることが推測される．サケ稚魚の水温や塩分に対する生理的好適範囲については，後述する地方集団による差異の可能性も含め，今後さらに実験的に検証する必要があると考える．

6) 稚魚の分布と水塊

サケ稚魚は，今回調査したいずれの海域においても岸寄りの沿岸水あるいは暖流系水中に多く分布し，オホーツク海表層水や親潮系水などの沖合冷水中には分布が少なかった．そして，沖合冷水中に分布した場合も，オホーツク海海域ではオホーツク海表層水の高塩分部分，すなわち沿岸水あるいは宗谷暖流水との境界付近に多く分布し (Fig. 39)，また，北海道の太平洋海域では親潮系水の低塩分部分，すなわち沿岸水との境界付近に多く分布した (Figs. 50, 51)．さらに，津軽海峡東口付近の海域および東北沖の太平洋海域においては，稚魚は暖流系水中に在って，いずれも親潮系水との境界付近に多く分布した (Figs. 51, 67)．

以上の結果から，稚魚は地理的および季節的に移り変わる水塊に対して，低塩分の沿岸水や暖流系水の低塩分部分を好むなど，一定の選択性を示すことが示唆される．このことは，前述した稚魚の低塩分に対する嗜好性や後述する餌料条件の問題とも無関係ではないと推測される．

7) 稚魚の分布と餌料条件

従来から，サケ稚魚の分布と餌料条件とは密接な関連があることが指摘されていたが[35,42,44,45,58,141]，それ

[illegible]
については研究が少なかった．調査結果によれば，小港内に滞留するサケ稚魚は，環境中に最も多い小型橈[illegible]などを主に食べており（Figs. 9, 15），稚魚は環境中に豊富で捕り易い餌を食べていると考えられた．そして，昆布森港では摂餌量（Figs. 13, 14）や成長率（Table 3）から判断して，港内は必ずしも良好な餌料条件にあるとは考えられなかった．また，港内では稚魚は岸壁にそって分布しており（Fig. 4），それらが港内における餌料生物の水平分布と直接関連しているような証拠は得られなかった．従って，この時期の稚魚の分布が餌料条件と密接に関連するとは言い切れない．しかし，小港内にはハルパクチクス類など小型の餌が多く，これがごく沿岸ぞいを移動する小型の稚魚の滞留を促すなど，餌料生物の分布がサケ稚魚の分布に密接に関連している可能性は十分考えられる．

一方，本研究の結果，これまでほとんど知見のなかった離岸期のサケ稚魚の分布と餌料条件の地理的および時期的変化との密接な関連が明らかになった．すなわち，離岸期の稚魚は，橈脚類を中心にクラゲノミ類，カニ類幼生，昆虫類などを主に食べており（Figs. 40, 57, 68）これらの餌生物はいずれも表層の環境中において，大きな比重を占めていた（Suppl. tables 12, 15）．そして，オホーツク海の網走湾海域では，餌料条件は5月中旬～下旬には岸寄りほど良好で，6月下旬には沖合寄りほど良好になり，さらに，7月上[illegible]（Fig. 42），サケ稚魚の地理的および時期的分布（Figs. 29, 38）はこのような餌料条件の変化とよく対応して[illegible]ほど餌料条件が良好であり（Fig. 56），稚魚の分布も岸寄りほど多かった（Fig. 46）．そして，表層の餌料条件は5～6月頃はえりも岬以西海域が良好であるが，7月になると同海域より東の道東海域の方が良好になり（Fig. 55），稚魚の地理的分布の時期的変化（Fig. 45）はこのような餌料条件の時期的変化とよく対応していた．さらに，釧路沿岸では，稚魚の出現盛期は年により1旬程度のずれがあるものの，カニ類幼生等の餌料生物量が最大になる時期と一致し（Figs. 19, 25），釧路の地先沿岸を回遊中の稚魚が餌を求めて集まり，一時的に滞留することが推察された．

以上の結果から，離岸期のサケ稚魚は見かけ上は餌料条件の好適な水域を辿る形で分布し，移動していると考えられる．

ところで，太平洋海域における調査では，岸寄りの地点で昼間の表層に，*Calanus plumchrus*, *Parathemisto japonica*，およびカニ類幼生等が局所的に高密度に分布するのが観測されたが，岸寄りの水域におけるこれらの動物プランクトンのパッチ状分布は，僅かしか観測されなかった．これは調査の密度が疎であることも一因であると思われる．これに関連して，桂恋港内においても昼間に一時期クラゲノミ類が高密度で分布するのが観測され（Fig. 11），稚魚はそれを活発に摂餌していた．このクラゲノミ類は *p. japonica* であり，何らかの理由で港外から入って来たものと推測される．離岸期のサケ稚魚は橈脚類，クラゲノミ類，およびカニ類幼生等の沿岸の表層近くに密集分布する動物プランクトンを積極的に餌として利用していると考えられ，これらのプランクトンのパッチが実際にどのような密度で水平的に分布するのか，今後明らかにする必要があろう．

一方，夜間の表層には昼間の数倍の密度でプランクトンが分布した（Suppl. tables 10, 14）．動物プランクトンには顕著な日周鉛直移動を行う種が多いが，とくにクラゲノミ類は夜間に表層に浮上することが知られている[142]．本研究の結果，沿岸滞泳期から離岸期にかけてのサケ稚魚は明け方から昼間にかけて活発に摂餌し，夕方から夜間にかけてはあまり摂餌を行わないことが推察された（Figs. 12, 24）．従って，夜間に下層から浮上して表層近くに留まる一部のプランクトンを稚魚が明け方の薄明時に摂餌する場合も十分あり得ると考えられる．今回の調査でも，夜明け前の薄明時に集魚灯を使わない状態でサケ稚魚が擬餌鉤に活発に食い付いた事例が数回あった．稚魚の時空間的な分布と餌料動物プランクトンとの遭遇の問題に関してはさらに詳細な研究が必要である．

2. 移動・回遊様式

1) 離岸期の稚魚群とその起源

これまで，標識放流によってサケ稚魚の移動および回遊経路を明らかにしようとする試みが各地で行われているが[22,25,30]，いずれも短期間の再捕のために，短

距離の移動が明らかにされたに過ぎない．わずかに，石狩川水系から放流された鰭切標識魚およびヨーロピウム標識魚の再捕によって，石狩湾から網走湾に至る比較的長距離の移動が明らかにされたが[29,73]，他水系に起源する稚魚の回遊時期や経路に関してはほとんど知見がない．ここでは主としてサケ稚魚の地理的分布の時期的変化に基づき，離岸期の稚魚の起源と回遊経路について考察する．

本州北部および北海道の太平洋海域に出現した稚魚の地理的分布の時期的変化（Figs. 45，60）より，地理的および時期的に区別される三つの離岸期の稚魚群が認められる．ここでは便宜的に，5月下旬～6月上旬に津軽海峡東口から日高沖にかけて出現した大型稚魚を津軽海峡群，6月中旬～下旬に東北八戸沖に出現した大型稚魚を東北沖群，さらに，7月上旬～中旬に日高沖から厚岸沖にかけて出現した多数の大型稚魚を北海道群と呼ぶことにする．

津軽海峡群：1981年6月上旬に日高沖で採集された尾叉長9～13cmの大型稚魚，1982年5月下旬に津軽海峡東口で採集された尾叉長8～10cmの稚魚，1983年5月下旬に津軽海峡東口で採集された尾叉長9～11cmの稚魚，および1985年5月下旬に津軽海峡東口で採集された尾叉長8～12cmの稚魚等が相当する．これらの稚魚の起源に関しては，5月下旬～6月上旬の同時期に，日高沿岸の港内に尾叉長3～5cmの，沖合で採集した稚魚より著しく小型の稚魚が多数分布したこと，また，これより約1カ月後の7月上旬～中旬に，日高沖で尾叉長8～12cmの稚魚が多数採集されたこと，そして，一般に本州におけるサケ稚魚の放流時期は北海道より早いこと等から考えて，本州の河川に由来する可能性がある．さらに，1984，1985年の5月中旬～下旬の調査によって，日本海側の男鹿半島から奥尻島および津軽海峡東口にかけての海域に，サケ稚魚が連続的に分布することが明らかになった（Fig. 60）．そして，男鹿半島を起点にして採集地点別の稚魚の大きさを比較すると，北あるいは東寄りほど大型の個体が分布する傾向が認められた（Fig. 71）．また，1984年の調査では，稚魚は津軽海峡の西口から東口にかけて連続的に分布したが，尻屋崎から八戸沿岸にかけては分布が認められなかった（Fig. 60）．従って，津軽海峡東口の稚魚を日本海側より移動してきたものと考えると，大きさや時期の点でよく計算が合う．以上のことを考え合わせると，津軽海峡群は本州日本海沿岸あるいは陸奥湾起源である可能性が強いと考えられる．ただし，岩手県の河川から早期に放流した稚魚で，5月下旬～6月上旬頃岩手県北部に達した時点で体重10gを越えた大型稚魚は，そのまま青森県の太平洋岸ぞいに北上回遊すると推測されている[143]ことから，1981年の6月上旬に日高沖に出現した大型稚魚および1985年の5月下旬に八戸以南の東北沿岸に出現した大型稚魚については，東北太平洋岸に由来する可能性もある．

東北沖群：1982年6月下旬に東北沖の太平洋で採集された尾叉長7～9cmの稚魚，および1983年6月中旬～下旬に八戸沖からえりも岬沖にかけての太平洋海域で採集された尾叉長8～11cmの稚魚が相当する．これらのサケ稚魚は，その分布時期，大きさ，分布密度，および地理的位置から考えて，東北太平洋岸の河川に由来することが推測される．すなわち，岩手県沿岸でのサケ稚魚の分布時期は5月中旬～6月上旬頃までが一般的で，6月上旬～中旬頃湾外に移動する稚魚の大きさは体重6～8gである[143]．また，近年東北太平洋岸での稚魚の放流尾数は急激に増加しており，1981年のそれは約4億尾で[47]，北海道太平洋岸のえりも岬以西海区とえりも岬以東海区を合わせた放流尾数[46]に匹敵する．そして，東北沖での稚魚の分布密度は道東沖に次いで高かった（Table 20）．さらに，1983年6月に八戸沖で採集した稚魚のアイソザイム分析の結果，遺伝的組成は岩手県沿岸の河川のものに類似していた（岡崎・入江，未発表）こともこの推測を裏付けるものである．

北海道群：1981年7月上旬～中旬に北海道のえりも町沖～十勝川沖の太平洋海域で採集された尾叉長7～12cmの稚魚，1982年6月下旬～7月上旬に浦河沖～白糠沖の海域で採集された尾叉長9～14cmの大型魚，1983年7月上旬～中旬に日高沖～厚岸沖の海域で採集された尾叉長8～12cmの稚魚，1984年7月上旬にえりも岬沖～厚岸沖の海域で採集された尾叉長7～13cmの稚魚等が相当する．これらの稚魚に関しては，稚魚の分布範囲が広く日高沖から厚岸沖に及び，分布密度が高いことから考えて，全体の分布量は極めて多いことが推測される．そして，えりも岬を起点に採集地点別の稚魚の大きさを比較すれば，北および東寄りほど大型個体が分布する傾向が認められた（Fig. 58）．ま

た，同時期，八戸沖では稚魚の分布が消滅し，時期的および地理的にはそれに引き続く形で北海道太平洋岸ぞいに高密度の稚魚の分布が出現した（Fig. 45）．さらに，稚魚の放流時期は北海道太平洋岸では主に3～5月[46]，東北太平洋岸では2～5月で4月が中心であり[62]，両海域には大きな差がない．従って，東北八戸沖の稚魚が北海道の太平洋沿岸海域に移動し，北海道太平洋岸のえりも岬以西海域の稚魚が道東海域に移動したと考えると，時期および大きさの点でよく計算が合う．以上述べた稚魚の分布量，大きさ，および時期的な分布の様相から考えて，北海道群には東北太平洋岸の河川に由来するものと，北海道太平洋岸の河川に由来するものの両方が含まれていると推測される．

一方，道東沿岸でまとまって採集された稚魚群のアイソザイム分析の結果（岡崎・入江，未発表）からは，各群は同一河川に由来する稚魚の集まりではなく，複数の河川群が混合したものである可能性が示唆される．これが正しいとすれば，離岸期の稚魚は回遊の途上で離合集散を行い，似かよった大きさ（尾叉長）の個体で群れを再構成しながら移動していることになる．

2）回遊経路

太平洋および日本海での調査結果に基づき，北日本の太平洋海域における離岸期サケ稚魚の時期別の分布域および回遊経路を想定して Fig. 83 に示した．本州北部日本海沿岸の河川から放流されたサケ稚魚には，本州から北海道にかけての日本海側を岸ぞいに北上する経路と，津軽海峡を太平洋に抜ける二つの経路が想定される．今回の調査の結果，稚魚が津軽海峡を通過する時期は5月中旬～下旬頃と推測され，また，この時期は津軽暖流水の先端が津軽海峡から太平洋に張り出す時期と一致することを示唆する調査結果が得られた．津軽海峡を太平洋側に抜けた稚魚のその後の回遊経路を推測させる調査結果は得られていないが，津軽暖流水の流向[92]から考えて，一部は下北半島ぞいに南下し，以下に述べる東北沿岸の稚魚と同様の経路を辿る場合もあり得ると思われる．

東北太平洋岸の河川から放流されたサケ稚魚のうち，早期放流した一部の大型の稚魚は5月下旬～6月上旬頃，青森県の太平洋岸ぞいに北上回遊する[143]．普通は，6月上旬～中旬頃東北沿岸を離れ[143]，その後，6月中旬～下旬にかけて東北沖合を北上回遊するうちに北海道のえりも岬付近で再び陸地に近づき，7月上旬～中旬頃えりも岬から厚岸にかけての道東沿岸を岸ぞいに東に回遊するものと推測される．著者は以前，えりも岬沖の北緯41～42度付近から直接沖合を

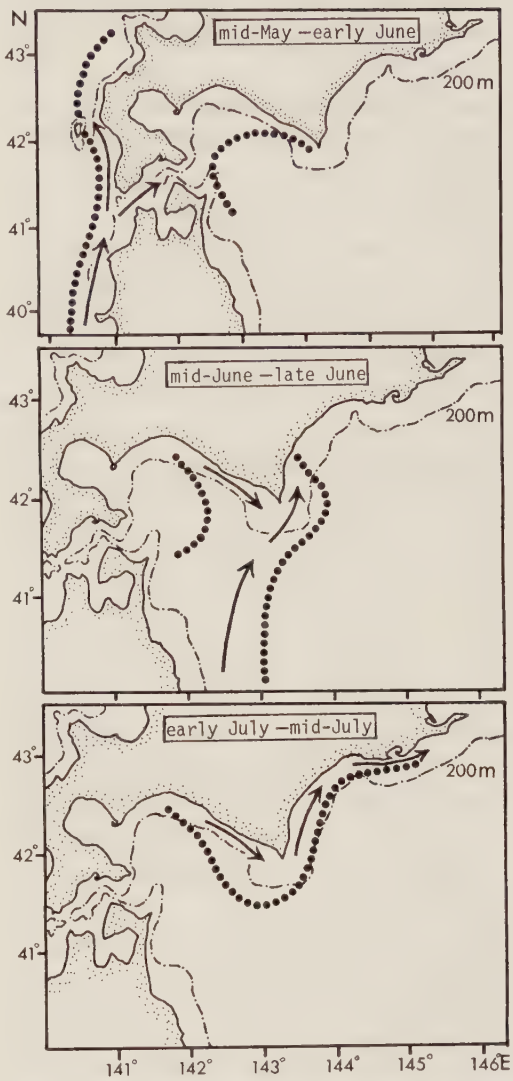


Fig. 83. 本州北部および北海道太平洋岸に起源するサケ稚魚の回遊経路と分布域の時期的変化．矢印は回遊経路，点線は分布範囲を示す
Routes of migration and changes in distribution of juvenile chum salmon migrating from northern Honshu and the southern coast of Hokkaido. Arrows show migration routes and dotted lines the distribution.

東に回遊する経路を想定したが[101]，これまでの調査では該当する水域に稚魚の分布が認められず，この経路の存在は否定的である．

北海道太平洋岸の河川から放流されたサケ稚魚は，網走湾海域でみられたように，成長とともにいく分沖合寄りに生活域を拡大しながら岸ぞいに移動するものと考えられ，その回遊経路は北海道太平洋岸ぞいに存在することが推察される．また，前述した放流時期や時期的分布の様相 (Fig. 45) から考えて，北海道のえりも岬以西海区起源の稚魚は東北太平洋岸起源の稚魚とほぼ時期を同じくして道東沿岸ぞいを回遊することが推測される．今回の調査では，厚岸湾では小型魚から大型魚まで色々の大きさの稚魚が採集され (Fig. 58)，厚岸沖の距岸 5 km 以遠の海域には稚魚の分布が認められなかったことから考えて，この海域を通過する稚魚は厚岸湾を経由するか，あるいは極めて岸寄りの水域を回遊することが推測される．

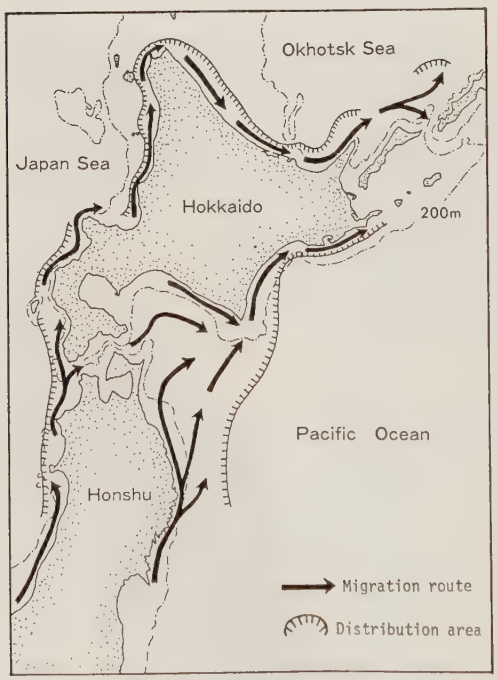


Fig. 84. 日本産サケ稚魚の回遊経路と分布域．(IRIE[101] を一部改変)
Migration routes and distribution of juvenile chum salmon originating in Japan. (Partly modified from IRIE[101])

さらに，本研究で得られた知見をもとに，飯岡ら[143]，星合ら[144]，橋場ら[145]，伊藤[146]，加藤[73]，および三島ら[147] による調査結果等も参考にして，日本産サケ稚魚の回遊経路を想定して Fig. 84 に示した．ただし，この図は時期を無視して描いてあり，とくに東北沖からえりも岬以西にかけての海域では時期によって回遊経路が異なることが考えられる (Fig. 83)．回遊経路の幅は各海域の地形的条件あるいは海況条件によって若干変化するが，いずれの海域でも岸ぞいに帯状の経路が想定される．

以上の結果から，日本産サケ稚魚の回遊経路は一般に陸地ぞいに存在し，北日本の太平洋岸起源の稚魚はすべて北太平洋の沖合水域への回遊の途上で道東沿岸を通過することが推察される．上述の稚魚の回遊経路は，方向は異なるがサケが親魚となって回帰してくる場合に想定されている経路[148] とよく一致しており興味深い．サケ稚魚が岸ぞい (陸地ぞい) に回遊することには重大な意味が含まれているように思われるが，このことについては後ほど論議する．

3. 離岸機構

本研究の結果，サケ稚魚は沿岸から直接沖合へ向かって離岸するのではなく，少なくともオホーツク海海域では網走湾，太平洋海域では道東沿岸まで，概ね陸地にそって回遊することが明らかになった．従って，ここでは，沿岸の小港から港外への移動および沿岸からより沖合への移動とともに，陸地ぞいの移動・回遊をも含めて離岸の一環として捉え，各場合における稚魚の移動の要因とそれらの機構について論じる．サケ稚魚の沿岸から沖合への移動の要因に関しては，これまで，水温との関連[4,27,36,63,97,101]，餌料条件との関連[44,45,97,101,141]，発育段階との関連[97,99,101] など，種々の論議があるが，それらを総合的に論じたものや，具体的な離岸の機構について触れたものは少ない．

一般に，稚魚は発育に伴って内的欲求が変化し，それとともに外部環境に対する対応関係も変化すると考えられる．小港内に滞留する時期の稚魚の生活においては，個体維持が主体であり，摂餌とその結果としての成長が最も重要である．なぜなら，稚魚の成長とそれに伴う遊泳力の増大は，より大型の餌の摂食を可能にするとともに，捕食者からの逃避の機会を増加させ，生き残りにプラスに働くと考えられるからであ

る．従って，稚魚の摂餌欲求を満たし，高成長を維持するに十分な餌料を得ることが第一義的に重要である．さらに，この時期には，海洋生活に対する生理的および生態的適応もそれに劣らず重要であると考えられる．降海したばかりの稚魚はある程度の浸透圧調節能力を有するが，それは完全とは言えず，また，遊泳力も十分ではない．一方，移動・回遊するに十分な発育段階に達した稚魚の生活においては，小港内に滞留する時期と同様に，増大する稚魚の摂餌欲求を満たし，かつ高成長も可能な十分な量の餌料を得ることが第一義的に重要であると考えられる．以上の考え方をもとに，各発育期における稚魚の移動の要因について検討する．

1)　ごく沿岸からの移動

サケ稚魚が海洋生活初期の段階で，河口近くや，港湾，および入江に分布することは以前からよく知られていた．石狩湾沿岸の渚帯には尾叉長3.0～4.5 cmの小型魚のみが分布し[29,30]，また，根室海峡沿岸の渚帯に滞留した稚魚の平均尾叉長は4.5cm前後で，経時的にほとんど変化が認められなかった[135]．これらは，一定の大きさに達した稚魚が順次渚帯から移動することを示唆している．一方，河口域に滞泳する稚魚でも，尾叉長5 cm前後になると活発な降海移動が起こるという[28]．今回の調査でも，網走湾海域では尾叉長3～5 cmの稚魚が距岸3.6km以内の浅海域に分布し，とくに港湾や入江に多く見られた．また，道東沿岸の小港では尾叉長3～5 cmの多数の稚魚が港内に一時期滞留した後，港外へ移動するのが観察され，サケ稚魚が港外へ移動を始める時の大きさは，尾叉長でほぼ4.5cm以上と推察された．

本研究の結果，沿岸滞泳期のサケ稚魚には生理，生態および形態的に顕著な変化が起こることが明らかになった．すなわち，尾叉長4.3cm以下の稚魚は遊泳力の不足などの理由で小型の餌しか摂食できないと考えられた．また，尾叉長5 cm前後の大きさは鱗の形成(Fig. 73)，体表の銀毛化（Fig. 74），鰓耙数の増加(Fig. 75)，および相対成長の変化（Figs. 77, 78）等の顕著な形態的変化が起こり，さらに，成長に伴い，浸透圧調節能力の増加，遊泳力の増大，および餌の大きさの急激な増大（Figs. 80, 81）などが起こる時期とほぼ一致していることが明らかになった．一方，稚魚の港外への移動と水温および塩分条件との関連では，稚魚が小港内から離脱した時期の水温条件は7～9℃（Figs. 5,8）で，これまで言われていた稚魚の分布水温の上限13～17℃[4,23,27,63]よりかなり低く，また，塩分条件も安定しており，昇温や塩分の変動が稚魚の港外への移動を促したとは考え難い．さらに，サケ稚魚の滞留および移動と餌料条件との関連では，小港内にはハルパクチクス類等の小型の餌が豊富に存在し(Fig. 9)，小型の稚魚にとっては好ましい条件にあることが明らかになった．そして，尾叉長5 cm以上に成長した稚魚は，ヨコエビ類やオキアミ類等のより大型の餌を多く食べるようになり（Fig. 80)，港内にはそれらの大型の餌は少ないことが明らかになった(Fig. 9)．

以上の結果から，サケ稚魚は最初は小型の餌しか摂食できないが，小港内で生活する間に，成長に伴いより大型の餌の摂食が可能になり，海洋生活への生理的および生態的適応が初歩的段階に達する．そして，成長・発育に伴ってより多くの餌を獲得することが必要になり，より大型の餌を選択的に摂餌するなどの摂餌戦略をとるが，その時点で港内に餌，とくに大型の餌が少ないという餌料条件が，一定の発育段階（大きさ）に達した稚魚の港外への移動の主な要因になっていると考えられる．また，何らかの理由で遅くまで港内に滞留した一部の稚魚にとっては，水温が13～15℃以上に上昇したことが港外への移動の要因になっているものと推測される．

沿岸の小港はサケ稚魚にとって生態的には河口域や沿岸の渚帯と同じ役割を果たしていると考えられる．すなわち，河口域や小港など沿岸の浅所は波穏やかで，塩分が低く，昇温が比較的早く，また，餌料条件も良好であり，河川から降海したばかりのサケ稚魚にとっては，海洋生活への生理的および生態的適応の場として，また，その間の成長を保証する成育の場として，極めて重要な役割を果たしているものと推察される．

サケ稚魚の港外への移動の詳細については明らかではないが，昆布森港および桂恋港では，干潮時に港口付近に分布する稚魚の数が増加するのを観察したことから，稚魚が干潮を利用して港外へ移動していることが推測される．一方，釧路の地先沿岸の調査では，動物プランクトンの現存量がピークを示す時期は岸寄りの地点ほど早く，沖合寄りの地点ほど遅い傾向が認め

られた (Suppl. table 4). また，ここには示さなかったが，1984年の各調査日に Stn. A よりさらに岸寄りの水深5mと水深10mの地点で，NORPAC ネットおよび MTD ネットによる動物プランクトンの採集を行ったところ，4月下旬～5月上旬の早い時期にプランクトンの現存量が高い値を示した．このような動物プランクトン分布の時空間的な変化は，サケ稚魚が最初港内あるいは渚帯のようなごく沿岸の浅所で生活し，その後徐々に沖合に向って分布を広げて行く現象と密接に関連している可能性がある．

Fig. 85. 太平洋北西部海域における表面水温9～13°Cの水域の分布の時期的変化および年変化．(1978～1981年の漁業情報サービスセンター資料より作成)
Seasonal and annual differences in water zones with 9 13°C surface temperature in the northwest Pacific. (Data from a brief report of fisheries and oceanographic conditions, Fisheries Information Service Center, 1978-1981.)

2) 沿岸から沖合への移動

本研究の結果から，沿岸滞泳期に相当する尾叉長5～8cmのサケ稚魚はごく岸ぞいに分布を広げるとともに，成長に伴って幾分沖合寄りにも生活域を拡大すると考えられる．さらに，尾叉長8cm以上に成長し，形態的ならびに生理的に移動するに十分な発育段階に達した稚魚は群れをなして岸ぞいに活発に移動を開始するものと推察される．この場合の移動は沿岸から直接沖合に向うものではなく，陸地と平行に行われる点が特徴的である．この時期の稚魚は比較的大型の橈脚類を中心にクラゲノミ類やカニ類幼生など表層に局所的に密集分布する動物プランクトンを主に食べ，また，オキアミ類や魚類稚仔等の比較的大型の動物プランクトンを選択的に食べていた．稚魚は必要な餌料を最も効率的に獲得するために，生理的に好適で餌料効率が良い一定範囲の水温条件――分布調査結果等から考えると9～13℃――の下で，大型の動物プランクトンを選択的に摂餌するなどの摂餌戦略を採用しているものと推察される．

釧路の地先沿岸で表層のプランクトン現存量が最大を示した時期は年によって若干異なったが，水温はいずれも11～12℃であった．水温の上昇とプランクトンの発生がどのように関連しているかは明らかでないが，この水温値が図らずも上述した稚魚の適水温と一致していることは興味深い．このことが結果的に稚魚が餌料条件の好適な水域とうまく合致する形で分布・移動しているようにみられる理由であろう．そして，釧路の地先沿岸での調査結果から推測されるように，餌料条件が良ければ，稚魚はその水域に一時的に滞留する場合もあると考えられる．

サケ稚魚が沿岸域で活発に摂餌し，成長・発育をとげている間に，稚魚を取り巻く環境条件も大きく変化する．ここでは本研究結果に基づき，離岸期サケ稚魚の分布の適水温を9～13℃と考えて，漁業情報サービスセンターの資料[149]に基づき得られた，1978～1981年の太平洋海域における表面水温9～13℃の水域の時期的変化および年変化をFig. 85に示した．9～13℃の水温帯が分布する時期は南に早く北で遅い．また，適水温帯の分布時期は年によって若干差があり，1981年は1978年に比べて1旬程度遅い傾向がみられる．さらに，この適水温帯は陸地を基準に見れば時期的にある範囲の沿岸を覆い，同一時期に東北から北海道までの岸ぞいにこの水温帯が広く分布することはない．そして，東北の太平洋沿岸では，普通6月下旬以降になると9～13℃の水温帯は認められない．実際に，沿岸域では6月下旬以降サケ稚魚の分布は観察されていない[150,151]．一方，本研究の結果，調査海域内では地理的に南から北，あるいは西から東に向かって餌料動物プランクトンの発生の盛期が順次遅くなることを示唆する結果が得られた．

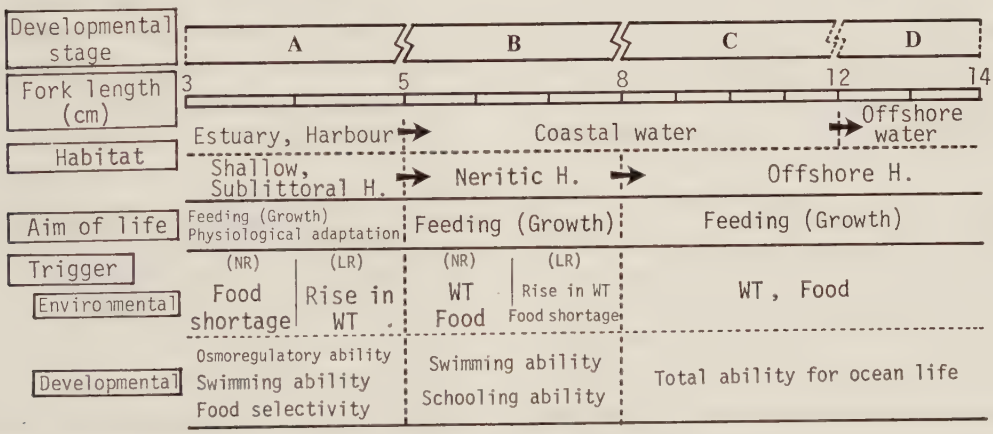


Fig. 86. サケ稚魚の移動・回遊における内的要因（発育段階）と外的要因（環境条件）の模式図．NR：通常の稚魚，LR：遅くまで留まった稚魚，WT：水温

Diagram of triggers and developmental stages of juvenile chum salmon during migration toward offshore waters. NR: normal runner, LR: late runner, WT: water temperature.

以上の結果を総合すると，季節が遅くなると沿岸域では稚魚にとって好適な水温帯あるいは低塩分水塊が消滅し，水温や塩分の上昇および餌料条件の悪化が起こる．そして，この時期までに尾叉長8cm以上に成長し，回遊するに十分な発育段階に達した稚魚は，水温14℃以下，塩分34‰以下の生理的に好適な水温および塩分範囲にあって餌料条件の良好な水域を辿る形で，陸地ぞいに小群をつくり速やかに回遊を始めると考えられる．一方，成長の遅れなどの理由で遅くまで留まっていた稚魚は，上述のような環境条件の悪化に追い立てられるように移動するものと推察される．

以上述べてきたサケ稚魚の発育段階と移動の要因をまとめて模式的に Fig. 86 に示した．

3) 移動・回遊の機構に関する仮説

サケの回遊については，一般に，降河回遊期には太陽コンパス，偏光コンパスおよび磁気コンパスが，外海回遊期には磁気コンパスと海流に対する走流性が，また，母川回遊期には嗅覚と走流性が利用されていると考えられている[152]．そして，稚魚が河川から海へ回遊する場合には，稚魚の成長に伴って増加する塩分選択性によって，河口まで塩分傾斜を利用して移動するという仮説がある[117]．しかし，沿岸を回遊する離岸期の稚魚の移動・回遊の機構に関しては，明確な仮説はほとんど提出されていない．本研究では総合討論で離岸期稚魚の移動・回遊の機構について考察する中で，いくつかの生態学的な面での知見が得られた．それらをまとめると以下の6項目に要約される．

①岸（陸地）ぞいに移動する．
②低温・低塩分の水塊（沿岸水）を好む．
③適水温（9～13℃）を選択する．
④高水温（14℃以上）および高塩分（34‰以上）を避ける．
⑤餌料条件の良好な水域に留まる．
⑥餌料分布の良い所（密度傾斜）を辿る．

上述の各項目は相互に密接な関連があることはこれまでの論議からも明らかである．また，実際の回遊においては，海域や局面によって，上述の項目（原則）の軽重は異なると考えられる．本研究では，津軽海峡東口海域において，津軽暖流水の先端域に相当する部分にサケ稚魚が分布し，隣接する親潮水域は餌料条件が良いと思われるにもかかわらず，そこには稚魚は分布しなかった．この理由としては，③および⑤などが該当すると考えられる．また，東北沖では，9～13℃の適水温帯が特定の時期には東方に帯状に分布し(Fig. 85)，東北沿岸の河川に由来する稚魚がその水帯を辿れば，北太平洋の亜寒帯水域へ直接回遊することが可能であるにもかかわらず，現実にはそのような回遊は行われていないと考えられる (Fig. 84)．その理由としては，①が該当すると考えられる．

一方，上述の①～⑥の項目の中には，さらにその根拠を明らかにする必要があるものも少なくない．中でも，サケ稚魚が岸ぞいを回遊することには，重大な意味が含まれているように思われる．岸ぞいを回遊する理由としては，(a)餌の分布が岸寄りに多く稚魚はそれを辿る，(b)稚魚は低塩分を好み，岸ぞいに分布する低塩分水帯を辿る，(c)海流や潮流を利用して回遊し，偶然それが岸ぞいであった，(d)親魚になって帰ってくる場合の回帰経路との関連において回遊経路を記憶する必要から陸地との関係を保つ，(e)大型の捕食者の分布との重複を避けるなど，いくつかの仮説が可能である．実際には複数の理由が絡み合っていることが予想されるが，本研究結果からは，とくに(a)と(b)が重要と考えられる．

餌料分布の良い所を辿ることについては，さらに稚魚が直接的あるいは結果的に餌料の分布（密度傾斜）を認識できるという仮定が必要である．巖佐[153]は，餌が集中分布する場合に選択されるいくつかの摂餌戦略の中で，GUT 固定戦略――最後に餌を捕獲してからの時間間隔があらかじめ決めておいた定数を越した時に餌のパッチから去る――が最も有効との結論を得た．この理論はサケ稚魚が表層にパッチ状に分布する大型の橈脚類，クラゲノミ類およびカニ類幼生などを選択的に食べているという事実と状況がよく合致する．そして，稚魚が結果的に餌料条件の良好な水域を辿る形で移動すること，および稚魚が釧路の地先沿岸などの餌料条件の良い場所に一定期間留まることをうまく説明する．前述したサケの群行動は，一般に言われている外敵からの防御の他に，パッチ状に分布する餌を探索する上でも何らかの利点を有する可能性がある．

ところで，(d)の回遊経路の記憶の問題は本研究の主題から若干はずれるが，重要な問題であるのでこれに

ついて考えを述べてみたい．先に，日本産サケ稚魚の回遊経路は親魚の回帰経路とほぼ一致することを指摘した．同様の現象は北米太平洋沿岸においても認められている[154]．一方，海中飼育の後に放流したサケ稚魚は，親魚になって回帰してきた時，海中飼育のいけすが設置されていた周辺の定置網に多く入網し，母川へ遡上した個体は極めて少なかったことが知られている[155]．これらのことから，サケ稚魚の岸ぞいを回遊する過程での記憶が，親魚の陸岸にそった回帰の重要な根拠となっている可能性が推測される．

以上の論議をまとめて，サケ稚魚の移動・回遊に関する生態学的な仮説を提案するならば，以下のようになろう．稚魚の移動・回遊は，発育・成長に必要な餌料を最も効率的に獲得するという生活原理を基本に，局面に応じて，上述の諸要素のいくつかが加味されて実現される．

4．放流適期

小林[63]によれば，サケの減耗は卵からふ化稚魚までが約21%，河川中は約29～55%（平均32%）と推定され，また，Shershnev[4]によれば，沿岸でのサケ稚魚の死亡率は約42%と推定されている．さらに，Parker[3]によれば，太平洋サケ・マス類の沖合での死亡率は概ね一定で約27%，フックノーズ川系サケ稚魚の沿岸での死亡率は約81%と見積もられている．これらのことから，沿岸域での稚魚の減耗が最も大きいことが容易に推察される．従って，稚魚の放流時期や大きさを検討することによって，サケ稚魚が沿岸で生活する時期――沿岸滞泳期，尾叉長3～8 cm未満――の減耗を減らすことができれば，回帰率の向上に寄与することが可能であると考えられる．サケ稚魚を放流するに際して，いつ頃，どれくらいの大きさのものを放流すればよいのか，また，どのような時期を海洋生活初期のサケ稚魚が要求する種々の環境条件と合致する時期と考えればよいのか，といった問題に対して，今回の調査結果から次のようなことが言えよう．

まず海況条件であるが，これまでの調査でサケ稚魚が分布した地点の表面水温の最低値は，道東沿岸の小港では2.7℃，網走湾海域では4.6℃，太平洋海域では5.9℃，日本海海域では7.5℃であった．前述したように，この頃道東沿岸の浅所では小型動物プランクトンが豊富である．一方，Chupakhin and Kaev[36]は，択捉島沿岸では一般に水温が3℃以下の浅海域には稚魚が見られず，稚魚の成育に最適な水温範囲は5.2～12.2℃であり，肥育に適した温度限界の下限は3.0～3.5℃であると述べている．さらに，Mayama[156]によれば，石狩湾沿岸において稚魚が分布した水温の下限は3～4℃である．従って，稚魚を放流する場合の沿岸の水温の下限は3℃が一つの目安になると考えられる．一方，本研究結果から，離岸期の稚魚が主に分布した水温は9～13℃であり，その上限は14℃と考えられた．同様に，稚魚が主に分布した塩分は31.0～33.9‰で，その上限は34‰と考えられた．従って，離岸期の稚魚の生息に適した水温および塩分条件としては，9～13℃および31.0～33.9‰が目安になり，また，放流に適したそれらの上限は14℃および34‰と考えられる．前述したように，北海道沿岸では水温条件がこの範囲にある時期に餌料条件も良好である．一方，水塊を指標にするならば，沿岸に低塩分の沿岸水が分布する時期が放流に適している．高塩分の暖流系水が広く分布するようになると遅すぎると考えられる．

次に，稚魚の大きさであるが，質的な問題を抜きにすれば，できるだけ人工管理下で大きくして，自然界での減耗を少なくすることは理にかなっているように思われる．しかし，これには経済性や母川記銘等の問題がある．普通に沿岸域に分布する尾叉長3～8 cmの大きさに限って考えれば，この範囲でもできるだけ大きく育てて放流することは，単純に生き残りを多くするという点からは，少なくともマイナスにはならないであろう．Healey[157]は，沿岸の浅所からより沖合に移動を行う時期に相当する尾叉長4.5～5.5 cmの時の減耗が一番大きいと述べている．本研究結果によると，この大きさは発育段階の移行期に当たっている．従って，発育段階が一段進むことによって，減耗が段階的に小さくなると仮定すると，少なくとも尾叉長3～4 cmの港湾や渚帯に分布する時期を人工管理下に置き，尾叉長5 cmに成長した稚魚を放流することによって，かなり減耗を減らすことが可能と考えられる．その次の段階としては，尾叉長8 cm以上まで飼育して，移動するに十分な発育段階に達したものを放流するのがより効果的であろう．ただし，尾叉長8 cm以上の大型の稚魚の場合は，飼育施設や経費等の問題もあり，海中飼育放流[155,158]が有効と考えられる．

岩手県の山田湾で行われた，淡水飼育放流と海中飼育放流の両方を考慮したサケ稚魚の放流実験結果[158,159]によると，放流時（あるいは湾外移動時）の稚魚の体重が1.3gと8gを境にして，親魚となって帰って来た時の回帰率が段階的に上昇している．この体重を尾叉長に換算すると，1.3gは約5cm，8gは約9～10cmに相当する．これらの結果は先に述べた発育段階を考慮して放流した場合に期待される成果とよく一致し，興味深い．実際に放流する場合は，海況，餌料条件および稚魚の大きさの三つを同時に考慮する必要があることは言うまでもない．放流海域における昇温やプランクトン量の変動の様式が明らかになれば，様々な場合を想定したサケ稚魚の放流時期および大きさの検討が可能になろう．

5. 日本産サケ稚魚の分布・回遊の特徴

Neave[160]によれば，サケの祖先は淡水性ならびに温帯性のニジマス属に起源し，日本海が隔離されていた時代にそこでサケ属が分化し，サケ属はその後日本海が太平洋と繋がると北太平洋に進出し，そこで何回かの氷期，間氷期をくぐり抜ける間に，冷水性の性質を次第に獲得するとともに，著しい種分化をとげたと考えられている．また，Birman[161]によれば，サケ科のいくつかの種は海洋の豊富な餌を利用するための適応として降海性を獲得したと考えられている．従って，本来，低温・低塩分を好むサケが，日本のような分布の南限――サケにとって厳しい環境条件――において生き続けるためには，海況条件（とくに高水温・高塩分）あるいは餌料条件の急激な変化に対しての何らかの適応が必要と思われる．

Okazaki[162]は，日本では近年サケ卵の遠距離移植が頻繁に行われているにもかかわらず，遺伝的には北海道，本州日本海側の北部と南部，および東北太平洋側の北部と南部の概ね五つの地方集団が区別されることを明らかにし，これらの地方集団は沖合生活期においても，ほぼ固有の分布・回遊パターンを示すことを指摘した．このことは，サケの地理的集団がそれぞれの地域に適応した生理的ならびに生態的特性を有し，それが遺伝的に受け継がれている可能性を暗示している．安永・奥石[60]は，新潟県の三面川産と北海道の千歳川産の稚魚では，高水温耐性が2℃程度異なるという結果を得ており，これは，産地によって稚魚の成育に最適な水温範囲が若干異なる可能性を示唆している．今回の調査結果でも，東北沖の稚魚は北海道沿岸の稚魚に比べて若干高い水温および塩分条件下に分布した（Fig. 49）．

さらに，網走湾海域，津軽海峡東口海域，および東北沖の太平洋海域では，稚魚は暖流系水の縁辺部とみなされる塩分33.8‰あるいは33.9‰以下の部分に多く分布した．今回調査した中で，道東海域だけは常に低塩分の沿岸水（沿岸親潮水）が分布したが，他の海域では時期が遅くなると，暖流系水の影響が強く現れた．日本海沿岸や東北太平洋沿岸海域ではサケ稚魚はこれらの暖流系水中に在って，適水温および低塩分を選択するなどの方法で能動的に回遊していることが推測される．日本産のサケは，稚魚期においては，岸ぞいに春から初夏にかけ季節的，一時的に形成される低塩分で適水温の水帯を，地理的に南から北あるいは西から東に向って漸次移動することによって，そこでの動物プランクトンの生産の極大期を最大限に利用し，暖流系水域では高温・高塩分で貧栄養の水塊の影響を巧みに避けて移動し，回遊することで，日本列島への適応戦略の一端を組み立てていると考えられる．

本研究の結果，日本産サケ稚魚は塩分34‰（概ね33.8‰）以下の低塩分の水域に分布することが明らかになった．このような低塩分水に対するサケ稚魚の嗜好性の発現は，基本的にはサケの起源に関わるものと考えられるが，アラスカやカナダをはじめ北太平洋の高緯度地方では，稚魚がこれほど高い塩分条件に出会うことはほとんどなく，この現象は日本のようなサケの分布の南限に近い地域においてのみ顕在化するものであろう．

要 約

日本産サケは長年にわたる人工放流事業の成果により回帰量は増加しているが，最も減耗が大きいと考えられている海洋生活初期における稚魚の分布生態，離岸機構あるいは減耗の実態については依然として不明な点が多い．今後，沿岸域での稚魚の減耗を抑制し，さらに効率的な放流技術を確立する必要があり，その

ためにとくに知見の少ない海洋生活1年目までの生態の解明が不可欠である．

本報告では，北海道周辺のオホーツク海，太平洋，日本海の各沿岸海域において，沿岸滞泳期から離岸期にかけての時期のサケ稚魚の生態を究明し，日本産サケの生活史上の空白を埋めた．また，稚魚の分布と海況および餌料条件との関連を明らかにするとともに，稚魚の発育に伴う生理，生態および形態の変化を明らかにし，稚魚が沿岸を離れて沖合に回遊して行く機構を，稚魚自身の内的要因（生理的条件，発育段階等）と環境要因（海況，餌料条件等）とを対応させて総合的に明らかにした．さらに，得られた知見に基づき，稚魚の放流適期に関しても提言を行った．

1．道東沿岸の小港におけるサケ稚魚の生態，稚魚の港内での滞留と海況および餌料条件との関連について研究し，以下の知見を得た．

1）道東沿岸の昆布森港および桂恋港では，4月下旬～7月上旬に尾叉長3～5cmのサケ稚魚が多数分布し，6月上旬～中旬頃に港外への移動が活発に行われた．稚魚は港内に約1カ月間滞留し，尾叉長4.5cm以上になって港外へ移動すると考えられた．

2）港内の表面水温は4月下旬の3℃から徐々に上昇し，6月中旬に10℃，8月上旬には15℃に達した．表面塩分は4月下旬から7月中旬までは31.0～32.5‰の範囲で変化し，比較的安定していた．

3）動物プランクトンの分布密度は5月上旬，6月下旬および8月中旬に10万個体／m^3以上の高い値を示した．個体数組成では，4月下旬はカラヌス類，6月上旬～中旬は橈脚類幼生の割合が高く，その他の時期はハルパクチクス類が優占した．

4）稚魚は朝方活発に摂餌し，日中から夕方にかけてはそれほど活発に摂餌を行わず，夜半過ぎから明け方まではほとんど摂餌を行わないと考えられた．

5）港内の稚魚は個体数ではハルパクチクス類を主体に，ヨコエビ類をそれに次いで多く食べていたが，体積ではハルパクチクス類の割合が低くなり，ヨコエビ類，アミ類，およびオキアミ類の割合が比較的高くなった．港外の稚魚は魚類稚仔およびオキアミ類等の比較的大型のプランクトンを主に食べており，摂餌量も港内の稚魚の倍近かった．

6）稚魚の胃内容物組成は表層よりむしろ海面から海底までの層のプランクトン組成に類似していた．これは昼間の表層にはハルパクチクス類が少ないことが影響していると考えられた．稚魚はハルパクチクス類をその密度に応じて摂餌するとともに，ヨコエビ類を比較的好んで摂餌する．また，稚魚は環境中に存在するプランクトンのうち0.6mm以上の比較的大型のものを食べ，ハルパクチクス類については，体長0.9mm以上のものを選択的に食べると考えられた．

7）稚魚の港外への移動と海況および餌料条件との関連では，水温あるいは塩分の変化が稚魚の移動を促したとは考え難く，稚魚の成長に伴う摂餌欲求の増大と，港内の餌不足，とくに大型の餌が少ないという餌料条件が，一定の大きさに達した稚魚の港外への移動の主な要因になっていると考えられた．

2．釧路沿岸におけるサケ稚魚の生態，稚魚の出現と海況および餌料条件との関連について研究し，以下の知見を得た．

1）稚魚は5月下旬～8月上旬に出現し，分布量は6月下旬～7月上旬頃に最も多くなった．稚魚の分布密度は岸寄りの地点で最も高かった．分布した稚魚の尾叉長範囲は5～13cmで，分布密度が高い時期には尾叉長8cm以上の大型魚が大部分を占めた．これらの大型魚は他海域から移動してきたものと推測された．

2）表面水温は4月下旬の0.7℃から時期の経過とともに昇温し，5月下旬には5～6℃となり，6月下旬～7月上旬には10～13℃を示した．表面塩分は30.6～32.8‰で比較的変動幅が小さかった．

3）水深30m以浅層の動物プランクトン現存量は5月下旬～6月上旬および7月上旬～中旬頃に増加し，8月上旬に減少した．表層の動物プランクトン現存量は6月下旬～7月上旬に増加した．現存量がピークを示した時期は岸寄りの地点ほど早い傾向が認められた．個体数組成では橈脚類が調査期間を通じて最も高い割合を占めた．カニ類幼

生は6月下旬～7月上旬に，尾虫類は7月頃に，昆虫類および枝角類は8月上旬に個体数が多くなった．

4) 稚魚は昼間に摂餌し，夜間にはほとんど摂餌しないと考えられた．稚魚は橈脚類，カニ類幼生，昆虫類，魚類稚仔，およびクラゲノミ類等を主に食べていた．胃内容物組成は水深30m以浅層のプランクトン組成より表層のプランクトン組成に類似していた．

5) カニ類幼生およびクラゲノミ類は6～7月に環境中での分布密度が高く，その時期に胃内容物中での出現率も高くなった．稚魚は環境中に比較的多く分布する生物群をその密度に応じて摂餌するとともに，環境中の比較的大型の餌生物を選択的に摂餌する．

6) 稚魚の分布密度が最高を示した時期は年によって1旬程度異なったが，その時の水温は11.2℃および12.0℃でほぼ一致していた．また，大部分の稚魚が釧路沿岸から姿を消した8月上旬の水温は14～15℃で年が違ってもよく一致しており，稚魚の出現および移動が水温と何らかの関連を持つ可能性が示唆された．塩分の変動幅は比較的小さく，塩分の変化が稚魚の移動と関連しているとは考え難い．

7) 稚魚の分布と表層の餌料条件の間には密接な関連があり，とくにカニ類幼生およびクラゲノミ類など比較的大型の動物プランクトンの高密度分布が，沿岸を回遊中の稚魚の一時的な滞留を促し，また，それら餌生物の減少が稚魚の移動を促す主な要因の一つになっていると考えられた．

3．オホーツク海沿岸海域におけるサケ稚魚の生態，稚魚の分布と海況および餌料条件との関連について研究し，以下の知見を得た．

1) 網走湾海域では，尾叉長3～14cmの稚魚が5月中旬～7月下旬に出現し，分布盛期は6月下旬～7月上旬頃と考えられた．稚魚は，5月中旬～下旬には距岸2海里以内，水深30m以浅の岸ぞいに分布し，6月下旬～7月上旬には網走湾から知床半島にかけての距岸18km以内の岸寄りの水域に多く分布した．択捉島沖では7月上旬に12～14cmの大型稚魚が多数分布した．稚魚の分布密度は一般に岸寄りほど高かった．

2) 全調査期間を通じると，稚魚は水温4.6～15.7℃，塩分30.8～33.9‰，密度（σ_t）23.8～26.3の範囲に分布した．単位努力量当たりの稚魚の採集尾数は表面水温10～13℃，塩分32.3～33.8‰，σ_t 24.8～25.8で高い値を示した．稚魚は水塊区分で見ると沿岸水，および宗谷暖流水の低温・低塩分の部分に主に分布し，オホーツク海表層水中にもわずかに分布した．

3) 稚魚はカラヌス類を最もよく食べ，それに次いでクラゲノミ類，昆虫類，魚類稚仔，尾虫類などをよく食べていた．枝角類と尾虫類は7月上旬頃にのみ食べられていた．

4) 水深150m以浅層の動物プランクトンの現存量は，5月下旬の155 mg/m³から7月下旬の47mg/m³まで，時期が遅くなるに従って減少する傾向が認められた．5月中旬～下旬には岸寄りほど多く，沖合寄りほど少なかった．6月下旬には岸寄りほど少なく，沖合寄りほど多かった．7月上旬には網走湾海域より国後島沖～択捉島沖海域の方が多かった．

5) 表層の動物プランクトンは，個体数組成では橈脚類が大部分を占め，地点によっては枝角類，クラゲノミ類，あるいは尾虫類が大きな割合を占めた．また，重量組成では，多くの場合 *Calanus plumchrus* が上位を占めた．

6) 稚魚は成長に伴い沖合寄りに分布を広げるとともに，陸地にそって東に回遊し，知床半島沖から択捉島沖に達すると推察された．稚魚の分布域は餌料条件の良好な海域とよく一致する形で時期的に変化した．

4．太平洋沿岸海域におけるサケ稚魚の生態，稚魚の分布と海況および餌料条件との関連について研究し，以下の知見を得た．

1) 稚魚は，5月下旬～6月上旬には，北海道太平洋岸の港内を中心にごく岸寄りの水域に分布し，津軽海峡東口から東北沿岸および日高沖にも少数の稚魚が分布した．6月中旬～下旬には，東北沖からえりも岬沖および日高から釧路にかけての北海道沿岸の陸棚の範囲に広く分布した．7月上旬～中旬には，日高から厚岸にかけての陸棚の範

囲に多数の稚魚が分布した．7月下旬～8月上旬には，釧路から根室半島にかけての岸寄りの水域にわずかに分布が認められたに過ぎなかった．

2) 採集された稚魚の尾叉長範囲は3～14cmで，同一海域では，時期が遅くなるに従って大型の個体が分布する傾向が認められた．稚魚の分布盛期は東北沖では6月中旬～下旬，えりも岬以西海域では6月下旬～7月上旬，道東海域では7月上旬～中旬と考えられた．稚魚は巨視的には陸地ぞいに分布し，岸寄りほど分布密度が高かった．5月下旬～6月上旬には，岸寄りほど小型個体が多い傾向が認められた．

3) 稚魚は，表面水温5.9～14.1℃，塩分30.9～33.9‰，密度（σ_t）23.2～25.8の範囲に出現した．CPUEは水温10～12℃，塩分31.0～32.8‰，σ_t 24～25でとりわけ高かった．同一海域では時期が遅くなるに従って，稚魚が出現した水温は高くなる傾向が認められた．

4) 稚魚が主に分布した水塊は，北海道沿岸では沿岸水（沿岸親潮水）に相当し，東北沖では暖流系水に相当すると考えられた．

5) 水深150m以浅層の動物プランクトン現存量は，同一海域では時期が遅くなるに従って少なくなる傾向が認められた．5月下旬～6月上旬には，東北沖に比べてえりも岬以西および道東海域での現存量が圧倒的に多かった．6月中旬～下旬には，えりも岬以西海域で現存量が減少し，道東海域ではなお高い水準にあった．7月上旬～中旬には，現存量はどの海域とも前の時期に比べて減少したが，道東海域だけは他の海域に比べて依然高い水準にあった．7月下旬～8月上旬の道東海域では，現存量は前の時期よりさらに減少した．

6) 表層の動物プランクトンの現存量は，水深150m以浅層のそれに比べて各海域，各時期ともかなり少なく，局所的に高密度の地点が認められた．これらの高密度地点では，*Parathemisto japonica*，*Calanus plumchrus*，あるいはカニ類幼生がそれぞれ優占した．えりも岬以西海域では，5月下旬から7月中旬にかけては時期が遅くなるに従って現存量は減少した．道東海域では現存量は他海域より遅い7月上旬～中旬にピークを示し，その後減少した．

7) 一般に，プランクトンの現存量は岸寄りほど多く，また，同一海域では時期が遅くなるに従って減少し，さらに，現存量の多い海域は時期が遅くなるに従って，地理的に北寄りあるいは東寄りの海域に移っていくと考えられた．

8) 稚魚は海域や年によって異なるが，クラゲノミ類の *P. japonica*，橈脚類の *C. plumchrus* および *Eucalanus bungii bungii*，カニ類幼生，昆虫類等の表層にパッチ状に密集分布する生物を主に食べていた．

9) 各海域の分布盛期に稚魚が主に分布した表面の水温および塩分は，東北沖では11～14℃，33.0～33.9‰，えりも岬以西海域では10～12℃，31.0～33.2‰，道東海域では9～13℃，31.0～33.5‰であった．東北沖は水温，塩分および σ_t の各値とも，北海道沖に比べて若干高い傾向が認められた．

10) 稚魚の主な分布域は時期が遅くなるに従って，東北沖から北海道沖へ，えりも岬以西から道東へと，地理的に北寄りあるいは東寄りの海域に移り，稚魚は餌料条件の良好な水域を辿る形で回遊すると考えられた．

5．日本海沿岸海域におけるサケ稚魚の生態，稚魚の分布と海況および餌料条件との関連について研究し，以下の知見を得た．

1) 稚魚は5月中旬～下旬には男鹿半島から積丹半島および津軽海峡東口にかけて分布し，津軽海峡および岩内湾で分布が多かった．また，岸寄りほど分布密度が高い傾向が認められた．稚魚の尾叉長範囲は4～11cmで7cm以上の個体が90%を占めた．

2) 稚魚は表面水温7.5～14.4℃，塩分28.0～34.1‰の範囲に出現した．CPUEは水温9～12℃，塩分33.4～33.9‰でとりわけ高かった．稚魚が分布した水塊は，沿岸水および暖流系水であった．

3) 稚魚は日本海側では枝角類，魚類稚仔，および昆虫類を，津軽海峡ではクラゲノミ類，昆虫類，およびヨコエビ類を主に食べていた．

4) 表層の動物プランクトン現存量は津軽海峡東口～三陸北部沿岸に分布する津軽暖流水で最も多く，沿岸水および親潮系水がそれに次ぎ，日本海

側の暖流系水で最も少なかった.

5) 稚魚は暖流系水の先端域に分布し，津軽暖流水の張り出しと時期を同じくして，津軽海峡から太平洋側に分布を拡大すると考えられた.

6) 稚魚が分布した津軽暖流水域は餌料条件が相対的に良好であり，稚魚の分布と餌料条件との関連が示唆された.

6. サケ稚魚の発育に伴う生理，生態および形態の変化について検討し，以下の知見を得た.

1) 稚魚の分布は尾叉長5cm前後，8cm前後，および12cm 前後で大きく変化する.

2) 稚魚は尾叉長5cm以上になると鱗ができ，体側が銀白色になり，背鰭および尾鰭末端が黒化した. 鰓耙数は尾叉長 8cm以上でほぼ定数に達した. 肥満度は尾叉長3～5cmで増加傾向，5～11cmで横這い，12～14cmで再び増加傾向を示した.

3) 眼径，口幅，胸鰭長および尾鰭長では，尾叉長5cm前後と9～10cm前後，上顎長，尾鰭高および頭長では，尾叉長9～10cm前後，体高および肛門位長では，尾叉長5cm前後で相対成長に変曲点が認められた.

4) 稚魚は成長に伴い，群れとしての遊泳行動が活発になり，遊泳層を水面近くからより深い層まで広げる.

5) 稚魚は小さな個体ほど小型の餌であるハルパクチクス類やカラヌス類をよく食べ，成長に伴ってより大型の餌であるヨコエビ類，魚類稚仔，アミ類，およびオキアミ類等を多く食べるようになると考えられた. 稚魚が食べていた餌の体幅は稚魚の尾叉長4.3cmを境に急激に増加した.

6) 稚魚の生態で変化がみられた尾叉長5cm前後，8cm前後，および12cm 前後では，形態面でも変化が認められ，また，一部は生理的な変化とも関連していることが明らかになり，これらの大きさが発育段階的な変化の時期に当たると考えられた.

7) 海洋生活初期のサケ稚魚には四つの発育期が区別され，それらは尾叉長ではそれぞれ3～5cm未満，5～8cm未満，8～12cm未満，および12cm以上に相当した. また，生息域の変化および発育段階的な変化を考慮し，大きさでは尾叉長3～8cm未満のものを沿岸滞泳期，8～12cm未満のものを離岸期と考えた.

7. 日本産サケ稚魚の分布様式，回遊経路および離岸機構について総合的に検討し，以下の結論を得た.

1) 北日本の沿岸域におけるサケ稚魚の分布と回遊経路が明らかにされた.

2) 離岸期のサケ稚魚は水温 9～13℃，塩分 31.0～33.9‰を好み，15℃以上の水温および34‰以上の塩分を避けると考えられた. また，稚魚の好む水温は稚魚の生理的な適水温と密接に関連することが明らかになった. さらに，稚魚は水塊に対しても一定の選択性を示すと考えられた.

3) サケ稚魚の回遊経路は一般に陸地ぞいにあり，本州日本海沿岸起源の一部の稚魚と東北太平洋沿岸起源の稚魚はいずれも回遊の途上で北海道の太平洋沿岸を経由すると考えられた.

4) 河川から降海した稚魚は小港内や河口域で生理的ならびに生態的に海洋生活に順応するとともに，一連の形態的変化が起こり一定の発育段階に達する. 稚魚は成長に伴ってより大型の餌をより多く要求するようになり，その時点で小港内には大型の餌が少ないという餌料条件が，一定の発育段階，すなわち一定の大きさに達した稚魚の港外への移動の主な要因になっていると考えられた.

5) 尾叉長8cm以上に成長して，回遊するのに十分な発育段階に達した稚魚は，水温14℃以下，塩分34‰以下の，生理的に好適で餌料効率が良い一定範囲の水温や塩分条件の下で，餌を求めて群れで活発に移動し，沿岸域の表層にパッチ状に密集分布する橈脚類，クラゲノミ類，カニ類幼生等の比較的大型の餌生物を主に摂餌する. そして，沿岸域におけるこれらの餌生物の減少と15℃以上への水温の上昇が，離岸期の稚魚の移動や回遊を促す主な要因になっていると考えられた.

6) 離岸期稚魚の移動・回遊の機構に関連して，6項目の生態学的な知見が得られた. それらは，①岸（陸地）ぞいに移動する，②低温・低塩分の水塊（沿岸水）を好む，③適水温（9～13℃）を選択する，④高水温（14℃以上）や高塩分（34‰以上）を避ける，⑤餌料条件の良好な水域に留まる，および⑥餌料分布の良い所を辿る，である. そして，サケ稚魚の移動・回遊は発育・成長に必要な餌料を最も効率的に獲得することを基本にし

て，局面に応じ主に上述の6項目の生態学的な原則に従って行われるという仮説を得た．

7) 稚魚の放流に当たっては，沿岸の水温の下限は3℃，上限は14℃が目安となり，沿岸に低塩分の沿岸水が分布する時期が放流に適する．また，放流稚魚の大きさについては，発育段階を考慮して，尾叉長5cmあるいは8cmまで育てたものを放流することが効果的と考えられた．

8) 日本産サケ稚魚は春から初夏に陸地ぞいに一時的に形成される低塩分ならびに適水温の水塊を辿り地理的に漸次移動することにより，そこでのプランクトンの生産の極大期を最大限に利用するとともに，高温・高塩分で貧栄養の暖流系水の影響を避けて移動し，回遊することで，分布の南限である日本列島の環境条件に巧く適応していると考えられた．

SUMMARY

The homing number of Japanese origin chum salmon, *Oncorhynchus keta*, has been increasing yearly as the results of artificial hatching and liberation projects. Nevertheless, we have no detailed information concerning distribution, movement, mechanisms of migration and mortality of juvenile chum salmon during the early period of life in the sea.

In this paper, the results of a study into the ecology of juvenile chum salmon during early coastal residence and offshore migration were described for the purpose of filling up the blank of knowledge about the life history of chum salmon, and of clarifying offshore migration mechanisms.

Investigations were carried out in small harbours and in coastal waters near Kushiro on the Pacific coast of eastern Hokkaido, and in Abashiri Bay and adjacent waters of the Okhotsk Sea, and in the Pacific Ocean off Hokkaido and Tohoku, and in Tsugaru Strait and adjacent waters of the Japan Sea. To collect juvenile chum salmon, a spoon net and angling were used at night under fish lamp lighting, and a small purse seine was used during the day in the open sea, and a cast net was used in small harbours. Zooplankton samplings were made by horizontal tows with a MTD net in the surface layer and by vertical hauls with a NORPAC net or a KITAHARA net from certain depths to the surface.

The results were as follows:

1. Residence and migration of juvenile chum salmon in small harbours of eastern Hokkaido and their relations to oceanographic and food conditions

A large number of juvenile chum salmon of 3-5 cm in fork length (FL) were found from late April to early July in Konbumori and Katsurakoi harbours, then they moved massively away from the harbours from about early June to mid-June. The length of the juveniles' stay in the harbours was thus about one month, and they moved away when they grew to more than 4.5 cm FL. Juvenile salmon mainly fed on harpacticoid copepods and gammarid amphipods in the harbours and also on

relatively larger zooplankton such as fish larvae and euphausids. Juvenile salmon fed first on the abundant food organisms in their surroundings and also preferently on the relatively larger ones.

It does not seem likely that most of the juvenile salmon migrated from the harbours due to changes in water temperature or salinity. It appears that not only the increase of required food intake accompanied with their growth but also a shortage of food in the harbours, especially prey of larger size, are major causes of migration.

2. Occurrence and disappearance of juvenile chum salmon in waters near Kushiro, eastern Hokkaido, and their relations to oceanographic and food conditions

Juvenile chum salmon of 5–13 cm FL were found from late May to early August, and were most abundant from late June to early July. Spatially they were abundant in the nearest sampling station from the coast. Most of the individuals larger than 8 cm FL were considered to be comers from another waters. The juveniles mainly fed on crab larvae, insects, fish larvae and hyperiid amphipod. The zooplankton species in stomach contents of juvenile salmon were tended to be those of the surface rather than of lower water layers.

The zooplankton biomass of the upper 30m water column increased from late May to early June and from early July to mid-July, and decreased in early August. The zooplankton biomass of the surface layer increased from late June to early July. The sampling station nearer to the coast showed a peak of biomass at earlier time of the year. Calanoid copepods made up a high ratio of the netplankton, and crab larvae showed a peak between late June to early July.

The occurrence and disappearance of the juveniles seems to have some relation with water temperature and especially with food conditions in the surface layer. The generous supply of relatively larger zooplankton, such as crab larvae and hyperiid amphipod, *Parathemisto japonica*, appears to have kept the offshore migrating juvenile salmon along the coast, while the drop in number of such food organisms was probably the main reason for their migration to other areas.

3. Distribution of juvenile chum salmon and its relation to oceanographic and food conditions in Abashiri Bay and adjacent waters, Okhotsk Sea

The presence of juvenile chum salmon of 3–14 cm FL was discovered from mid-May to late July, and population showed a peak from late June to early July. Juvenile salmon were distributed along the coast within 3.6 km from the shore in waters of depth shallower than 30 m from mid-May to late May, while from late June to early July they were spread along the coast from Abashiri Bay to Shiretoko Peninsula within 18 km from the shore. A large number of juveniles of 12–14 cm

FL were found in the waters off Etorofu Island in early July. The density of juveniles was generally higher nearer the coast.

Juvenile salmon were mainly found in stations with surface temperature from 10 to 13℃ and surface salinity from 32.3 to 33.8‰. They were mostly found in areas of lower temperature and lower salinity of coastal waters and in the Soya Warm Water; few were detected in the area of the Okhotsk Surface Water.

Zooplankton biomass showed a tendency to decrease gradually from late May to late July as the months passed, and in early July they were more abundant in the waters off Kunashiri Island to Etorofu Island than in Abashiri Bay. On many occasions, calanoid copepod, *Calanus plumchrus*, ranked high in weight composition of the netplankton and they also occurred in the stomach contents of juvenile salmon abundantly.

Juvenile salmon lived in contact with the coastal water mass in Abashiri Bay, but they left there by the time the Soya Warm Water become dominant in the area. The juveniles migrated eastward along the coast spreading offshore and later reached the waters off Shiretoko Peninsula and off Etorofu Island. It seems that juvenile salmon distribution coincide with those of good food conditions.

4. Distribution of juvenile chum salmon and its relation to oceanographic and food conditions off northern Japan in the Pacific Ocean

Juvenile chum salmon of 3–14 cm FL were collected and most of them were 8–12 cm FL. They were found in nearshore areas of the Pacific coast of Hokkaido from late May to early June. From mid-June to late June they were found in the waters between Tohoku and Cape Erimo and between Hidaka and Kushiro within 100 km from the shore. From early July to mid-July a large number of juvenile salmon were found in the waters between Hidaka and Akkeshi within 30 km from the shore, the range of continental shelf. However, from late July to early August, they were few in the coastal waters from Kushiro to Nemuro Peninsula.

It seemed that zooplankton biomass of the surface and the 0–150m water layers as a whole showed a tendency to decrease gradually from late May to early August in each area, and that the waters abundant in biomass gradually shifted from the southern or western area toward the northern and eastern area as the months passed.

Juvenile salmon were mainly found at stations with surface temperature from 9 to 14℃ and surface salinity from 31.0 to 33.9‰. They were distributed mainly in the areas of the Oyashio Coastal Water off the Pacific coast of Hokkaido, in the area of the warm water off the Pacific coast of Tohoku. They mainly fed on such zooplankton as *Parathemisto japonica*, *Calanus plumchrus*, *Eucalanus bungii bungii*, crab larvae and terrestrial insects that were usually found in dense patches in

the surface layer.

Thus, the concentration of population of juvenile salmon change geographically from the waters off Tohoku to the waters off Hokkaido, and from the waters west of Cape Erimo to the east of Cape Erimo as the months pass, and these phenomena are closely related to geographical and seasonal changes in distribution of food organisms.

5. Distribution of juvenile chum salmon and its relation to oceanographic and food conditions in Tsugaru Strait and adjacent waters

Juvenile chum salmon of 4–11 cm FL were found in the waters from Oga Peninsula in Tohoku to Shakotan Peninsula in Hokkaido and to the eastern opening of Tsugaru Strait from mid-May to late May; they were also abundant in Tsugaru Strait and in Iwanai Bay, south of Shakotan Peninsula. Juvenile salmon were mainly found at stations with surface temperature from 9 to 12℃ and surface salinity from 33.4 to 33.9‰.

The food conditions in the area of the Tsugaru Warm Water in the Pacific Ocean where juvenile salmon occurred were relatively good.

Juvenile salmon were found in the forefront area of the warm water mass, and simultaneously with the extension of the Tsugaru Warm Water they spread from Tsugaru Strait to the Pacific Ocean.

6. Changes in physiology, ecology and morphology of juvenile chum salmon with development

The distribution pattern of juvenile chum salmon varies greatly between each size class of about 3–5 cm, 5–8 cm, 8–12 cm and larger than 12 cm FL, and with the growth of juvenile chum salmon the swimming behavior of a school tends to become more active. The prey size of juvenile salmon increases rapidly at about 4.3 cm FL, and the juveniles appear to feed on larger food organisms as they grow.

Ecological changes in juvenile salmon shown in each stage of about 5 cm FL, 8 cm FL and 12 cm FL were proved to coincide with morphological or physiological changes. These sizes correspond to the distinct appearance of each developmental stage of juvenile salmon, and four substages are distinguished. The juveniles of 3–8 cm FL are considered to be in the coastal residence and those of 8–12 cm FL to be in the process of offshore migration.

7. Conclusions

The migration routes and distribution of juvenile chum salmon in the waters off northern Japan were clarified.

Considering all results of investigations in each region, it appeared that off-

shore migrating juvenile chum salmon mainly concentrated in areas with surface temperature from 9 to 13℃ and surface salinity from 31.0 to 33.9‰, and that upper limits were at about 14℃ in temperature and 34‰ in salinity. These figures were proved to relate closely with the physiologically optimum temperature for juvenile chum salmon. This suggests that juvenile salmon show a certain preference to water temperature, salinity and water masses.

The migration routes of juvenile chum salmon were formed along the coast, and both the juveniles originating in the Japan Sea coast and those from the Pacific coast of Honshu appeared to migrate along the Pacific coast of Hokkaido in the course of their offshore migration.

Small harbours are one of the important place for juvenile chum salmon where the early physiological and ecological adaptations to the ocean life are realized. The shortage of larger size food organisms in small harbours was suggested to be the main reason for the juveniles to move away from there when they attained to a certain developmental stage or a certain size, over 4.5 cm FL at least.

The juvenile chum salmon already grown to the developmental stage adequate for offshore migration, over 8 cm FL, were found to migrate actively in schools searching for food under the physiologically optimum temperature and salinity. They selectively fed on larger zooplankton found in patches and in high density. The decrease in food organisms appears to be the main cause of migration for juvenile salmon to the other area, and the rise in surface temperature over 15℃ to be the cause of migration for some delayed ones.

Juvenile salmon seemed to adapt well to the oceanic circumstances off northern Japan which is the estimated southern limit of their geographical distribution. Some ecological findings on migration mechanisms of juvenile chum salmon originating in Japan were obtained: ① They migrate along the coast, ② They prefer coastal water masses of low temperature and low salinity, ③ They select optimum temperature of 9–13℃, ④ They avoid high temperatures over 14℃ and high salinity over 34‰, ⑤ They stay in areas with good food conditions and ⑥ They follow areas with good food conditions.

The most suitable time for the release of juvenile chum salmon is when the coastal water mass of low salinity is spreading along the coast. Considering the developmental stages of the juveniles, it may be advantageous to release them after they have grown to at least 5 cm FL. It may be more effective to release juvenile chum salmon at over 8 cm FL.

謝 辞

本研究を取りまとめるにあたり，御指導と御助言をいただいた京都大学農学部教授岩井 保博士に心から感謝申し上げる．また，同教授川合英夫博士ならびに同助教授田中 克博士には有益な御助言と御教示をいただいた．深く感謝申し上げる．さらに，西海区水産研究所の北野 裕所長をはじめ，森田 祥企画連絡室長，岸田周三資源管理部長，藤本 實海洋環境部長，資源増殖部長古賀文洋博士，同所下関支所長竹下貢二博士には，本論文の発表の機会を与えていただいた．これらの方々の御高配に対し厚く御礼申し上げる．

本研究を進めるにあたり，歴代の北海道区水産研究所長の 長谷川 由雄博士，上村忠夫博士，倉田 博博士，能勢健嗣博士（現中央水産 研究所長）からは，数々の御便宜と御指導をいただいた．同所の元企画連絡室長飯塚 篤博士ならびに新谷久男元資源部長からは本研究の機会と惜しみない御援助をいただいた．白旗総一郎前増殖部長，井上尚文海洋部長（現中央水産研究所海洋生産部長）ならびに資源部長佐藤哲哉博士（現水産庁研究部参事官）からは，有益な御助言と御鞭撻をいただいた．大迫正尚資源部室長（現北海道区水産研究所資源管理部長）には，当初から調査に御協力いただき終始有益な御助言をいただいた．小林時正資源部主任研究官（現日本海区水産研究所資源増殖部室長）ならびに増殖部主任研究官中野 広博士（現中央水産研究所生物機能部主任研究官）には，調査に御協力いただき論議に加わっていただいた．藤井 浄前海洋部室長からは海洋観測結果の解析にあたって種々の御教示をいただいた．北海道さけ・ますふ化場前場長の小林哲夫博士ならびに阿部進一生態研究室長（現北海道さけ・ますふ化場調査課長）からは，研究を始めるに際して種々の有益な御助言をいただいた．これらの方々に対し深く感謝の意を表する．

調査試料の収集にあたっては，北海道区水産研究所の資源部（現資源管理部）および海洋部（現海洋環境部）の同僚諸兄，元東海大学 海洋学部 学生の中村健蔵，二瓶洋一両君ならびに同所調査船探海丸の加賀論前船長はじめ乗組員の皆様，同所調査船北光丸の津田喜三郎元船長はじめ乗組員の皆様，北海道教育庁実習船若潮丸の早坂義幸船長はじめ乗組員の皆様，および遠洋水産研究所調査船俊鷹丸の角田精一前船長はじめ乗組員の皆様に多大の御協力をいただいた．ネット採集動物プランクトンの種の分類については，沿海調査開発株式会社の御協力を得た．ここに記して深謝する．

本研究の一部は，農林水産技術会議の別枠研究「溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究」に参加して行った．研究の過程で様々な刺激や激励を与えられた，沖合生態 グループの 遠洋水産研究所，東北区水産研究所，および北海道大学水産学部の関係諸先輩，諸先生に対し深く感謝する．さらに，本研究の一部は，水産庁研究部資源課による「スケトウダラ新現加入量資源調査」に参加して得た試料も利用した．ここに記して感謝する．

文 献

1) M. P. Shepard, A. C. Hartt and T. Yonemori 1968 : Chum salmon in offshore waters. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (25), 1-69.

2) T. Kobayashi 1980 : Salmon propagation in Japan. In "Salmon ranching" (ed. by J. E. Thorpe), 91-107, Academic Press, New York.

3) R. R. Parker 1962 : Estimation of ocean mortality rates for Pacific salmon (*Oncorhynchus*). *J. Fish. Res. Board Can.* **19**(4), 561-589.

4) A. P. Shershnev 1975 : タタール海峡（間宮海峡）南東部沿岸水域のケタ稚魚の生態．さけ・ます関係 海外 文献集(1), 57-69，農林水産技術会議事務局．

5) G. A. Sanger 1972 : Fisheries potentials and estimated biological productivity of the

Subarctic Pacific region. In "Biological oceanography of the northern north Pacific Ocean", 561–574, Idemitsu Shoten, Tokyo.

6) R. J. LeBrasseur 1972 : Utilization of herbivore zooplankton by maturing salmon. In "Biological oceanography of the northern north Pacific Ocean", 582–588, Idemitsu Shoten, Tokyo.

7) 久保達郎 1946：各種河川魚の鮭鱒稚魚食害に就て．水産孵化場試報，**1**(1)，51–55.

8) 小林哲夫 1960：サケ稚魚の生態調査—VIサケ稚魚の摂餌行動に関する一知見．日水誌，**26**(6)，577–580.

9) 小林哲夫 1964：サケ稚魚の生態調査—VIIサケ稚魚の行動についての一知見．北海道さけ・ますふ化場研報，(18)，1–6.

10) 小林哲夫・石川嘉郎 1964：サケ稚魚の生態調査—VIII千歳川，石狩川のサケ稚魚の生長と食性について．北海道さけ・ますふ化場研報，(18)，7–15.

11) 小林哲夫・原田 滋・阿部進一 1965：西別川におけるサケ・マスの生態調査 I．サケ稚魚の降海移動並びに成長について．北海道さけ・ますふ化場研報，(19)，1–10.

12) 小林哲夫・黒萩 尚 1968：網走湖，網走川におけるサケ稚魚の生態とその保護について．北海道さけ・ますふ化場研報，(22)，37–72.

13) 前田辰昭 1959：北太平洋におけるさけます漁場の研究．北大水産研究彙報，**9**(4)，268–282.

14) F. Favorite and M. G. Hanavan 1963: Oceanographic conditions and salmon distribution south of the Alaska Peninsula and Aleutian Islands, 1956. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (11), 57–72.

15) 伊藤 準 1964：海洋生活期におけるサケマス類の餌料と摂餌特性について．北水研報告，(29)，85–97.

16) H. Kondo, Y. Hirano, N. Nakayama and M. Miyake 1965 : Offshore distribution and migration of Pacific salmon (Genus *Oncorhynchus*) based on tagging studies (1958–1961). *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (17), 1–213.

17) J. I. Manzer, T. Ishida, A. E. Peterson and M. G. Hanavan 1965 : Salmon in the North Pacific Ocean. Part V. Offshore distribution of salmon. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (15), 1–452.

18) S. Tanaka, M. P. Shepard and H. T. Bilton 1969 : Origin of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in offshore waters of the North Pacific in 1956–1958 as determined from scale studies. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (26), 57–155.

19) T. Yonemori 1975 : A trial analysis of the results obtained from tagging on chum salmon originating from Hokkaido. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (32), 130–159.

20) F. Neave, T. Yonemori and R. G. Bakkala 1976 : Distribution and origin of chum salmon in offshore waters of the North Pacific Ocean. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (35), 1–79.

21) 佐野誠三・小林哲夫 1952：さけ稚魚の生態調査 (1)予報．水産孵化場試報，**7**(1,2)，1–10.

22) 佐野誠三・小林哲夫 1953：さけ稚魚の生態調査 (2)標識放流試験に於けるさけ稚魚の移動と成長について．水産孵化場試報，**8**(1,2)，71–79.

23) 三原健夫 1958：北海道沿岸に出現するサケ稚魚の生態について．北海道さけ・ますふ化場研報，(13)，1–14.

24) S. Okada and A. Taniguchi 1971 : Size relationship between salmon juveniles in shore waters and their prey animals. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ*, **22**(1), 30–36.

25) 小林哲夫・阿部進一 1977：遊楽部川におけるサケ・マス生態調査 2．サケ稚魚の降海移動，成長と標識親魚の回帰．北海道さけ・ますふ化場研報，(31)，1–11.

26) 関 二郎 1978：気仙沼付近におけるサケの生態—I．感潮域での餌料生物と成長．宮城県気仙沼水試研報，(4)，1–9.

27) 関 二郎 1978：気仙沼付近におけるサケの生

態—Ⅱ．沿岸域の混獲稚魚の成長と餌料生物．宮城県気仙沼水試研報，(4)，10-18.

28) 帰山雅秀・文谷俊雄 1982：サケの稚魚期から幼魚期への発育段階における形態的，生態的特徴．日水誌，**48**(11)，1537-1544.

29) 真山 紘・加藤 守・関 二郎・清水幾太郎 1982：石狩川産サケの生態調査—Ⅰ．1979年春放流稚魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊．北海道さけ・ますふ化場研報，(36)，1-17.

30) 真山 紘・関 二郎・清水幾太郎 1983：石狩川産サケの生態調査—Ⅱ．1980年及び1981年春放流稚魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊．北海道さけ・ますふ化場研報，(37)，1-22.

31) M. Terazaki and M. Iwata 1983：Feeding habits of chum salmon fry *Oncorhynchus keta* collected from Otsuchi Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **49**(8), 1187-1193.

32) P. A. Dvinin 1951：南カラフトのサケ属．ソ連北洋漁業関係文献集，(1)，18-58.

33) E. L. Bakshtanskii and O. I. Nilova 1965：白海及びバレンツ海のカラフトマス及びケタ稚魚の食性．ソ連北洋漁業関係文献集，(72)，13-22.

34) V. N. Ivankov and A. P. Shershnev 1968：海洋におけるガルブーシャ及びケタ幼魚の生態（南千島）．ソ連北洋漁業関係文献集，(83)，101-104.

35) A. P. Shershnev 1970：間宮海峡南東沿岸水域のケタ幼魚の生物学的特性．ソ連北洋漁業関係文献集，(95)，74-92.

36) V. M. Chupakhin and A. M. Kaev 1980：択捉島沿岸におけるカラフトマス及びシロサケ稚魚の分布並びに幾つかの生物学的特徴について．魚と水，(20)，33-38.

37) I. B. Birman 1969：太平洋サケマス *Oncorhynchus* の海洋における幼魚の分布と成長について．ソ連北洋漁業関係文献集，(89)，33-64.

38) D. R. Foskett 1951：Young salmon in the Nanaimo area. *Fish. Res. Board Can. Pac. Prog. Rep.*, (86), 18-19.

39) J. I. Manzer 1956：Distribution and movement of young Pacific salmon during early ocean residence. *Fish. Res. Board Can. Pac. Prog. Rep.*, (106), 24-28.

40) J. I. Manzer 1969：Stomach contents of juvenile Pacific salmon in Chatham Sound and adjacent waters. *J. Fish. Res. Board Can.*, **26**(8), 2219-2223.

41) V. W. Kaczynski, R. J. Feller, J. Clayton and R. J. Gerke 1973：Trofic analysis of juvenile pink and chum salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* and *O. keta*) in Puget Sound. *J. Fish. Res. Board Can.*, **30**(7), 1003-1008.

42) J. C. Mason 1974：Behavioral ecology of chum salmon fry (*Oncorhynchus keta*) in a small estuary. *J. Fish. Res. Board Can.*, **31**(1), 83-92.

43) R. J. Feller and V. W. Kaczynski 1975：Size-selective predation by juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) on epibenthic prey in Puget Sound. *J. Fish. Res. Board Can.*, **32**(8), 1419-1429.

44) M. C. Healey 1979：Detritus and juvenile salmon production in the Nanaimo Estuary：I. Production and feeding rates of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *J. Fish. Res. Board Can.*, **36**(5), 488-496.

45) M. C. Healey 1980：The ecology of juvenile salmon in Georgia Strait, British Columbia. In "Salmonid ecosystems of the North Pacific" (ed. by W. McNeil, and D. C. Himsworth), 203-229, Oregon State Univ. Press, Corvallis, Oregon.

46) 北海道さけ・ますふ化場 1982：昭和55年度事業成績書．67-92.

47) 本州鮭鱒増殖振興会 1983：本州地域溯河性さけ・ますふ化放流事業成績書（累年統計）．172pp.

48) 宇田道隆 1935：昭和8年盛夏における北太平洋の海況．水産試験場報告，(6)，1-103.

49) 入江隆彦・中村健蔵 1985：海洋生活初期のサケ・マス稚魚の生態に関する研究—Ⅳ．道東沿

岸の小港におけるサケ稚魚の滞留と成長．北水研報告，(50)，13-25.

50) 入江隆彦　1987：海洋生活初期のサケ・マス稚魚の生態に関する研究—V．道東沿岸の小港に滞泳するサケ稚魚の食性と餌のサイズについて．北水研報告，(51)，1-10.

51) A. C. Phillips　1977：Key field characters of use in identifying young marine Pacific salmon in Alaska with an illustrated key. *NOAA Tech. Memo. NMFS*, ABFL-2, 1-20.

52) 元田　茂　1975：プランクトン標本の処理．日本プランクトン学会報，**21**(2)，115-134.

53) R. M. Cassie　1954：Some use of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **5**, 513-522.

54) J. E. Bailey, B. L. Wing and C. R. Mattson　1975：Zooplankton abundance and feeding habits of fry of pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, and chum salmon, *Oncorhynchus keta*, in Traitors Cove, Alaska, with speculations on the carrying capacity of the area. *Fish. Bull.*, **75**(4), 846-861.

55) S. Kimoto　1967：Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. *Esakia*, (6), 27-54.

56) 伊藤立則　1973：ベントス研究における生活史の意義　ハルパクチクスについて．海洋科学，**5**(3)，34-40.

57) V. S. Ivlev　1955：魚類の栄養生態学．児玉・吉原訳，1965，261pp.，新科学文献刊行会，米子.

58) R. J. LeBrasseur　1969：Growth of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) under different feeding regimes. *J. Fish. Res. Board Can*, **26**(6), 1631-1645.

59) 伊藤　準・加藤　守・伊藤外夫　1980：海洋生活初期におけるシロザケの生長．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査　昭和54年度プログレスレポート，45-56，遠洋水研.

60) 安永義暢・輿石裕一　1980：放流サケ稚魚の生理・生態把握に関する基礎的研究．昭和54年度溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究プログレスレポート　移植効果の安定強化，90-107，日水研.

61) 箕田　嵩・原野茂樹　1982：沿岸滞泳期シロザケ稚魚の食性と餌要求量．1981年度溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　河川型研究グループリポート，119-127，北水研.

62) 飯岡主税・支倉　理・古館治美　1983：沿岸域滞留稚魚生態調査．昭和56年度さけます資源増大対策調査報告書，10-38，岩手県.

63) 小林哲夫　1977：沿岸滞泳期におけるサケ・マス幼魚の生態．水産海洋研究会報，(31)，39-44.

64) 入江隆彦・小林時正・大迫正尚　1981：海洋生活期初期のサケ・マス幼魚の生態に関する研究—I．網走湾海域における幼魚の分布と行動．北水研報告，(46)，15-36.

65) 水産庁北海道さけ・ます孵化場　1978～1981：事業成績書（昭和51～54年度）.

66) S. Okada and T. Nishiyama　1970：Note on morphological differences between the juvenile of chum and pink salmon in shore waters. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **20**(4), 227-287.

67) 若生　允・小島伊織　1961：オホーツク海南西海域の海況について(1)．北水試月報，**18**(5)，8-25.

68) T. Takizawa　1982：Characteristics of the Soya Warm Current in the Okhotsk Sea. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **38**(5), 281-292.

69) H. U. Sverdrup, M. W. Johnson and R. H. Fleming　1942：The oceans: Their physics, chemistry, and general biology. 1087 pp., Prentice-Hall, New York.

70) 古橋賢造　1980：オホーツク海のプランクトンの現存量について．水産海洋研究会報，(37)，36-42.

71) F. Neave　1966：Pink salmon in British Columbia. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*,

(18), 71-79.

72) F. Neave 1966：Chum salmon in British Columbia. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (18), 81-86.

73) 加藤 守 1982：石狩川水系千歳川から放流したヨーロピウム（Eu）標識シロザケ幼魚．遡河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究 幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査 総括報告，67-77，遠洋水研．

74) 小鳥守之・小林時正・大槻知寛・丸山秀佳・小野田 豊・佐野満広・北口孝郎 1979：北海道日本海沿岸およびオホーツク海沿岸の動物プランクトン現存量．水産海洋研究会報，(34)，62-66.

75) 小鳥守之 1984：北海道沿岸海域のプランクトンの生産と変動．水産海洋研究会報，(45)，49-55.

76) 竹内 勇 1972：北部太平洋および隣接海域におけるサケ属魚類の餌生物の分布とそれらの胃内容物に関する研究．北水研報告，(38)，1-119.

77) 入江隆彦 1985：北日本の太平洋海域における離岸期サケ稚魚の分布．日水誌，**51**(5)，749-754.

78) 入江隆彦 1985：北日本の太平洋海域に出現する離岸期サケ稚魚の起源と回遊経路．日水誌，**51**(7)，1103-1107.

79) 大谷清隆 1971：噴火湾の海況変動の研究 II．噴火湾に流入・滞留する水の特性．北大水産研究彙報，**22**(1)，58-66.

80) 駒木 成・藤井 浄・阿部深雪・佐藤芳和・久保 正 1979：北海道南西水域における津軽暖流の影響．津軽暖流に関する総合研究報告書，236-245，科学技術庁．

81) 藤井 浄・阿部深雪 1982：北海道周辺海域の季節的海況変動（昭和56年）．遡河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究 幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査 昭和56年度プログレスレポート，133-146，遠洋水研．

82) 大谷清隆・村上 敬 1987：北海道沿岸の流動特性．海洋科学，**19**(1)，13-20.

83) 村上 敬 1984：沿岸親潮の道南海域への流入．海洋科学，**16**(12)，697-701.

84) 藤井 浄・阿部深雪 1980：根室湾に出現する外洋水の季節毎の特性と沿岸定置水温の関係．昭和54年度根室湾海域総合開発事業調査報告書（北水研分），6-16，北水研．

85) 小鳥守之 1980：北海道周辺海域の動物プランクトンと植物プランクトンの現存量等について．日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査，1-120，科技庁資源調査所．

86) 小達和子 1980：東北海域における水域別動物プランクトンの現存量．日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査，121-134，科技庁資源調査所．

87) 小達和子 1988：黒潮続流域の生物生産力．水産海洋研究会報，**42**(2)，150-154.

88) 小谷祐一・小達和子・上野康弘・石田享一 1988：三陸沿岸海域における動物プランクトン現存量の変動．東北水研研報，(50)，125-131.

89) 鈴内孝行・渡辺安広 1982：襟裳岬以西太平洋海域における動物プランクトンの周年変化．北水試月報，(39)，39-60.

90) 高橋善弥 1980：本州河川のシロザケ移殖とその資源．昭和55年度遡河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究プログレスレポート 移殖効果の安定強化，87-98，日水研．

91) 神保博之 1984：山口県にサケ帰る．日本海区水産試験研究連絡ニュース，(328)，1-3，日水研．

92) 科学技術庁研究調整局 1979：津軽暖流域に関する総合研究報告書．223-335.

93) G. V. Nikolskii 1963：魚類生態学．第2版，亀井健三訳，1965，317pp.，たたら書房，米子．

94) E. K. Balon 1975：Terminology of intervals in fish development. *J. Fish. Res. Board Can.*, **32**(9), 1663-1670.

95) 渡部泰輔・服部茂昌 1971：魚類の発育段階の形態的区分とそれらの生態的特徴．さかな，(7)，54-59.

96) 菅野泰次・浜井生三 1968：シロザケ稚魚 *Oncorhynchus keta*（Walbaum）の比成長につい

て．北大水産研究彙報，**20**(2)，75–81.

97) 帰山雅秀　1986：サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の初期生活に関する生態学的研究．北海道さけ・ますふ化場研報，(40)，31–92.

98) 入江隆彦・小林時正・大迫正尚　1981：さけ・ます幼魚の発育段階に応じた分布・回遊・成長及び食性の変化－離岸期幼魚の生態に関する研究．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査　昭和55年度プログレスレポート，1–15，遠洋水研.

99) 入江隆彦　1982：海洋生活初期のサケ・マス幼魚の生態－発育段階に応じた分布・回遊・成長及び食性の変化．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査　総括報告，1–22，遠洋水研.

100) 入江隆彦　1982：海洋生活初期のサケ・マス幼魚の発育に伴う形態的変化について．昭和57年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 65.

101) T. Irie　1985：The migration and ecology of young salmon in early marine life. In "Proceedings of the 11th U. S. –Japan meeting on aquaculture, salmon enhancement, 1982" *NOAA Tech. Rep., NMFS*, (27), 55–65.

102) 小林哲夫　1961：サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の年齢，成長並びに系統に関する研究．北海道さけ・ますふ化場研報，(16)，1–102.

103) T. Hikita　1962：Ecologial and morphological studies of the genus *Oncorhynchus* (Salmonidae) with particular consideration of phylogeny. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatch.*, (17), 1–97.

104) 岩井　保　1971：魚の行動．魚学概論，25–38，恒星社厚生閣，東京.

105) F. Neave　1955：Notes on the seaward migration of pink and chum salmon fry. *J. Fish. Res. Board Can.*, **12**(3), 396–374.

106) W. S. Hoar, M. H. A. Keenleyside and R. G. Goodall　1957：Reaction of juvenile Pacific salmon to light. *J. Fish. Res. Board Can.*, **14**(6), 815–830.

107) 三次信輔　1971：集魚灯ガイド．さかな，(7)，60–94，東海水研.

108) 井上　実　1972：魚類の対光行動．日水誌，**38**(8)，907–912.

109) 田中　克　1980：海産仔魚の摂餌と生残Ⅰ．天然海域における食性．海洋と生物，(11)，440–447.

110) J. R. Hunter　1981：Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In "Marine fish larvae" (ed. by R. Lasker), 33–77, Univ. Washington Press, Seattle.

111) 竹内　勇　1969：北海道北東部および東部海域におけるオオクリガニおよびズワイガニ幼生の分布について（1968）．北水研報告，(35)，20–43.

112) J. Fulton　1973：Some aspects of life history of *Calanus plumchrus* in the Strait of Georgia. *J. Fish. Res. Board Can.*, **30**(6), 811–815.

113) W. R. Martin　1949：The mechanics of environmental control of body form in fishes. Univ. Toront Stud. Biol. Ser., No, 58, 91pp.

114) G. Parry　1960：The development of salinity tolerance in the salmon, *Salmo salar* (L.), and some related species. *J. Exp. Biol.*, **37**(2), 425–434.

115) M. Weisbart　1968：Osmotic and ionic regulation in embryos, alevins, and fry of the five species of Pacific salmon. *Can, J. Zool.*, **46**(2), 385–397.

116) W. S. Hoar　1976：Smolt transformation: evolution, behavior, and physiology. *J. Fish. Res. Board Can.*, **33**(5), 1233–1252.

117) J. E. McInerney　1964：Salinity preference: an orientation mechanism in salmon migration. *J. Fish. Res. Board Can.*, **21**(5), 995–1018.

118) M. Iwata, S. Hasegawa and T. Hirano　1982：Decreased seawater adaptability of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry following prolonged rearing in freshwater. *Can.*

J. Fish. Aquat. Sci., **39**(3), 509–514.

119) M. Iwata, T. Hirano and S. Hasegawa 1982 : Behavior and plasma sodium regulation of chum salmon fry during transition into seawater. *Aquaculture*, **28**, 133–142.

120) A. H. Houston 1961 : Influence of size upon the adaptation of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) and chum salmon (*Oncorhynchus keta*) to sea water. *J. Fish. Res. Board Can.*, **18**(3), 401–415.

121) M. Kasiwagi and R. Sato 1969 : Studies on the osmoregulation of the chum salmon *Oncorhynchus keta* (Walbaum) I. The tolerance of eyed period eggs, alvins and fry of the chum salmon to sea water. *Tohoku J. Agri. Res.*, **20**(1), 41–47.

122) 柏木正章・飯岡主税 1978 : シロサケ稚魚の海水抵抗性について. さけ養殖技術開発企業化試験総合報告 (昭和45～47年度), 23–25, 水産庁・東北水研.

123) 平野哲也・長谷川早苗・小笠原 強・岩田宗彦・秋山敏夫・新井 茂 1985 : シロサケの回遊と浸透圧調節機構. 昭和60年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 78.

124) 中野 広・安藤義秀・白旗総一郎 1985 : サケ稚魚の浸透圧調節能力について. 北水研報告, (50), 87–92.

125) H. Nakano, S. Shirahata, K. Yabe, Y. Ogawa and Y. Ito 1988 : Changes in guanine and hipoxanthin contents of skin during early development of chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**(7), p. 1253.

126) M. Iwata, and S. Komatu 1984 : Influence of estuary residence for adaptation of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry to seawater. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **41**(5), 744–749.

127) 中野 広・安藤義秀・白旗総一郎 1985 : 成長にともなうサケ稚魚の酸性フォスファターゼ活性, 総蛋白質, RNA および DNA 量の変化. 北水研報告, (50), 71–77.

128) 中野 広・安藤義秀・白旗総一郎 1985 : 成長にともなうサケ稚魚の酸性プロテアーゼ活性の変化. 北水研報告, (50), 83–85.

129) 坂田澄雄・中野 広・安藤義秀・白旗総一郎 1985 : 成長にともなうグリコーゲンと脂質含量の変化. 北水研報告, (50), 79–82.

130) L. C. Folmar and W. W. Dickhoff 1980 : The parr–smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids. *Aquaculture*, **21**(1), 1–37.

131) R. R. Straty 1974 : Ecology and behavior of juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in Bristol Bay and the eastern Bering Sea. In "Oceanography of the Bering Sea with emphasis on renewable resources" (ed. by D. W. Hood and E. J. Kelley), 285–320, Univ. Alaska, Fairbanks.

132) 待鳥精治 1966 : 北西太平洋におけるサケ・マス類の垂直分布 I. 北水研報告. (31), 11–17.

133) 三島清吉・斎藤昭二・島崎健二 1966 : サケ, マスの鉛直的な日周移動の研究 I. 表層刺網による罹網傾向について (1). 日水誌, **32**(11), 922–930.

134) 小林時正・入江隆彦・大迫正尚 1980 : 発育段階に応じた分布回遊・成長及び食性の変化 離岸期幼魚の生態に関する研究. 溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究 幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査 昭和52年度および昭和53年度プログレスレポート, 23–27, 遠洋水研.

135) 笠原恵介 1985 : 根室海峡沿岸水域の1984年春におけるサケ稚魚の生態および環境調査. 北海道さけ・ますふ化場研報, (39), 91–111.

136) J. R. Brett 1952 : Temperature tolerance in young Pacific salmon, genus *Oncorhynchus*). *J. Fish. Res. Board Can.*, **9**(6), 265–323.

137) 小山純正・上田一夫 1981 : シロザケ稚魚の行動に及ぼす温度の影響 離岸の要因について. 溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究 海中飼育放流技術による稚魚減耗の抑制 昭和55年度報告, 79–83, 東北水研.

138) V. V. Zinichev and A. I. Zotin 1987 : Se-

lected temperature and optimums for development in prolarvae and larvae of chum salmon, *Oncorhynchus keta*. *J. Ichthyology*, **27**(6), 141-144.

139) 輿石裕一　1980：海中飼育サケ稚魚の餌料要求量．日水研報告，(31)，41-55.

140) 中野　広・矢部和夫　1987：サケの至適水温について．昭和62年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 143.

141) C. A. Simenstad, W. J. Kinney, S. S. Parker, E. O, Salo, J. R. Cordell and H. Buechner 1980：Prey community structure and trophic ecology of outmigrating juvenile chum and pink salmon in Hood Canal, Washington：A synthesis of three years' studies, 1977-1979. 113pp. Fish. Res. Inst. Coll. Fish., Univ. Wash., Seattle.

142) 島崎健二・三島清吉　1969：サケ・マスの摂餌の日周変化について．北大水産研究彙報，**20**(2)，82-93.

143) 飯岡主税・武市正明・佐藤司朗・湊　善明　1980：沿岸滞留放流シロサケ稚魚生態調査．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　海中飼育放流技術による稚魚減耗の抑制　昭和53年度報告，20-32，東北水研.

144) 星合愚一・高橋清孝・飯塚晃朗・佐藤陽一　1981：標識放流結果からみた宮城県沿岸域におけるシロサケ稚魚の移動および成長．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　海中飼育放流技術による稚魚減耗の抑制　昭和55年度報告，21-28，東北水研.

145) 橋場敏雄・小滝一三・安井達夫　1982：三陸北部沿岸沖合におけるシロザケ幼魚分布生態．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査　総括報告，23-29，遠洋水研.

146) 伊藤　準　1982：鰭切断標識魚の再捕からみた沿岸におけるシロザケ幼魚の回遊と生長，並びに減耗に関する若干の考察．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査　総括報告，49-65，遠洋水研.

147) 三島清吉・島崎健二・山本昭一・石井清彦・佐々木成二・目黒敏美　1982：離岸期さけ属幼魚の分布・生態に関する研究．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査　総括報告，33-47，遠洋水研.

148) 秋庭鉄之　1980：北海道のサケ．107pp.，北海道開発問題研究調査会，札幌.

149) 漁業情報サービスセンター　1978-1981：漁海況速報（第368号～第564号）.

150) 林　小八・小達　繁　1980：東北沿岸におけるシロザケ幼・稚魚の分布・回遊・成長及び食性．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査　昭和52年度及び昭和53年度プログレスレポート，28-32，遠洋水研.

151) 橋場敏雄・安井達夫　1980：1978年度岩手・青森県太平洋側沿岸沖合におけるシロザケ幼魚の分布生態調査結果報告．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究　幼魚期及び接岸期を中心とした沖合生態調査　昭和52年度及び昭和53年度プログレスレポート，33-48，遠洋水研.

152) 上田一夫　1984：サケの回遊．遺伝，**38**(1)，24-32.

153) 巌佐　庸　1981：生物の適応戦略．229pp.，サイエンス社，東京.

154) A. C. Hartt and M. B. Dell　1986：Early oceanic migration and growth of juvenile Pacific salmon and steelhead trout. *Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull.*, (46). 1-105.

155) A. Koganezawa and M. Sasaki　1985：Development of seawater net-cage culture and release of chum salmon. In "Proceedings of the 11th U. S.-Japan meeting on aquaculture, salmon enhancement, 1982" *NOAA Tech. Rep., NMFS*, (27), 75-81.

156) H. Mayama　1985：Technical innovations in chum salmon enhancement with special reference to fry condition and timing of release. In "Proceedings of the 11th U. S.-Japan meeting on aquaculture, salmon en-

hancement, 1982" *NOAA Tech. Rep., NMFS*, (27), 83–86.

157) M. C. Healey 1982 : Timing and relative intensity of size-selective mortality of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during early sea life. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**(7), 952–957.

158) 飯岡主税・浦野 謙・武市正明・佐藤司朗・大川重三・蛇石 幸・寺島 淳・湊 善明 1980：サケの回帰率向上に関する種苗育成放流技術開発試験報告書 標識放流魚回帰調査昭和49年度～昭和54年度総括．岩手県水試，溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究 海中飼育放流技術による稚魚減耗の抑制 昭和54年度報告，1981，137–164，東北水研．

159) 飯岡主税 1982：シロサケ稚魚海中飼育放流による沿岸回帰特性．溯河性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究 海中飼育放流技術による稚魚減耗の抑制 昭和56年度報告，35–46，東北水研．

160) F. Neave 1958 : The origin and speciation of *Oncorhynchus*. *Trans. Roy. Soc. Canada*, **52**, ser. Ⅲ, sect. 5, 25–39.

161) I. B. Birman 1953：淡水性の度合に関連する溯河性サケ科の数量とその溯河性生活様式の発生．ソ連北洋漁業関係文献集，(36)，43–59.

162) T. Okazaki 1982 : Genetic study on population structure in chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, (20), 25–116.

Suppl. table 1. 1984年に昆布森港内で北原式ネットにより採集された動物プランクトンの個体数組成
Percentage composition of zooplankton in number in KITAHARA net samples collected in Konbumori Harbour in 1984.

Date Total no./m³	April 26 6,186	May 4 109,753	May 11 6,140	May 18 7,590	May 25 16,705	June 1 42,198	June 4 34,682	June 9 64,711	June 11 36,039	June 13 39,840
Polychaeta			2.4			0.2			0.0	
Copepoda eggs		1.5	1.2	4.7	0.4	8.9	0.6	1.4	3.7	1.8
Copepoda nauplii	42.2	0.9	13.6	10.3	7.4	80.7	69.1	7.0	20.8	51.4
Harpacticoida	44.5	91.1	81.1	81.3	91.1	10.1	27.1	90.7	74.4	44.3
Calanoida	12.5		1.2	2.8	1.1		2.6	0.4	0.6	1.7
Mysidacea larvae			0.1						0.0	0.0
Cumacea									0.1	0.3
Flabellifera								0.4	0.3	
Valvifera								0.0	0.0	
Gammaridea	0.7	6.5	0.4	0.9		0.1	0.6	0.1	0.1	0.5
Insects	0.1									

Date Total no./m³	June 19 49,324	June 22 139,265	June 29 70,299	July 6 108,128	July 13 64,224	July 20 70,277	July 28 47,437	Aug. 3 21,135	Aug. 10 123,432
Hydrozoa							0.3	2.9	
Polychaeta			0.2	0.4		1.7	1.0	0.6	0.4
Copepoda eggs	0.3	0.1	0.9		1.1	0.2	0.7	1.8	0.1
Copepoda nauplii	57.5	93.1	4.0	12.3	7.7	2.6	26.6	31.0	6.7
Harpacticoida	42.2	6.3	90.9	86.5	86.7	95.3	69.6	54.8	87.9
Calanoida		0.5	3.8	0.7	4.5	0.2	1.7	8.8	4.8
Mysidacea larvae			0.2	0.1	0.0		0.1	0.1	
Gammaridea							0.0		0.1
Insects				0.0		0.0			

Suppl. table 2. 1984年に昆布森港内でMTDネットにより採集された動物プランクトンの個体数組成
Percentage composition of zooplankton in number in MTD net samples collected in Konbumori Harbour in 1984.

Date	April 26	May 5	May 11	May 18	May 25	June 1	June 9	June 11	June 19
Total no./ m^3	584	129	5	7	3	27	14	26	4
Polychaeta	0.3	3.7	4.5	4.8					2.9
Gastropoda		0.1							
Copepoda nauplii								0.9	
Calanoida	94.3	4.0	59.3	71.4	66.6	64.7	79.1	50.2	82.5
Harpacticoida	3.3	63.5	4.5	14.3	23.8	13.4	11.9	23.1	
Mysidacea larvae									2.9
Cumacea		0.5					2.0	2.2	2.9
Flabellifera			4.5						
Valvifera		0.1			4.8	0.5		6.1	5.9
Gammaridea	1.3	25.7	13.6	9.5	4.8	20.4	4.0	10.0	
Euphausiacea		0.1							
Decapoda larvae							2.0	0.9	
Insects	0.1		13.6				1.0	0.9	
Fish eggs	0.7	2.3				0.5		0.9	2.9
Fish larvae						0.5		4.8	

Date	June 22	June 29	July 6	July 13	July 20	July 28	Aug. 3	Aug. 10
Total no./ m^3	1	39	30	16	6	21	33	4
Polychaeta			0.4			0.6		
Gastropoda				1.5				
Copepoda nauplii		1.7	35.1	0.8				
Calanoida	77.8	86.1	59.9	38.0	26.1	9.1	59.9	22.9
Harpacticoida		7.5	2.3	54.3	41.3	80.6	30.8	48.6
Hyperiidea							1.6	
Mysidacea larvae					4.3			
Cumacea		2.7	0.9	1.5				
Flabellifera							2.0	
Valvifera				0.8	2.2	3.0	0.4	5.7
Gammaridea	11.1	0.3		2.3	19.6	5.5	4.5	
Decapoda larvae							0.4	
Insects	11.1		1.4		2.2	0.6	0.4	5.7
Fish eggs				0.8	4.3	0.6		17.1
Fish larvae		1.7						

Suppl. table 3. 1984年に昆布森港内で採集されたサケ稚魚の胃内容物の個体数組成.
Percentage composition of food organisms in number in the stomachs of juvenile chum salmon collected in Konbumori Harbour in 1984. BL : body length.

Date	April 26	May 5	May 11	May 18	May 25	June 1	June 4	June 9
Total no.	1,342	348	420	147	319	358	176	246
Polychaeta	0.1	3.2			0.3			
Copepoda eggs	3.0	25.8	5.2	16.3	10.3	4.5	2.8	
Calanoida	32.2	0.6	1.0		0.6			0.3
Harpacticoida(*Harpacticus* spp.)	6.7	8.6	9.1	15.0	3.1		1.7	1.8
Harpacticoida(1 ≦ BL < 2 mm)	15.4	18.4	17.1	15.0	21.9	11.5	4.6	22.4
Harpacticoida(BL < 1 mm)	15.4	32.1	13.8	8.8	29.6	10.1	3.4	34.3
Mysidacea					0.3		0.6	
Mysidacea larvae	0.1							
Cumacea	0.1		1.0	0.7				0.1
Flabellifera								0.0
Valvifera			0.2	3.4				
Gammaridea(BL ≧ 2 mm)	0.2	0.3		4.1	3.5	0.3	5.1	0.0
Gammaridea(BL < 2mm)	26.4	10.1	49.7	34.6	28.9	73.6	77.8	30.8
Euphausiacea				1.4	0.9			
Decapoda larvae	0.4	0.3	2.4					0.1
Insect adults		0.6	0.5	0.7	0.6		4.0	10.2

Date	June 11	June 19	June 22	June 29	July 6	July 13	July 28
Total no.	20,508	1,729	330	4,945	4,186	10,337	1,815
Polychaeta		0.1	0.3		0.1	0.2	
Copepoda eggs	10.8	9.4	5.8	7.1	5.1	7.7	8.3
Copepoda nauplii	0.0	11.1		0.1	0.0		
Calanoida	0.0	0.5	1.2	3.0	0.4	0.3	
Harpacticoida(*Harpacticus* spp.)	0.5	1.0	5.2	0.4	0.5	1.2	1.5
Harpacticoida(1 ≦ BL < 2 mm)	38.4	15.3	19.1	23.1	13.3	40.3	33.3
Harpacticoida(BL < 1 mm)	41.0	36.1	45.4	56.0	74.1	43.7	54.9
Mysidacea larvae			3.0	0.1		1.2	
Cumacea	0.2	0.3		0.8	0.1	0.2	
Flabellifera	0.0	0.2			0.1		
Valvifera	0.1						
Gammaridea(BL ≧ 2 mm)	0.1	0.4	1.5	0.2	0.0	0.1	0.1
Gammaridea(BL < 2 mm)	8.6	24.4	15.5	8.9	4.8	4.8	0.3
Euphausiacea	0.0						
Decapoda larvae	0.1	0.1		0.0	0.0	0.1	
Insect adults	0.0	0.8	2.4	0.1	1.4	0.0	0.3
Insect larvae		0.2	0.6	0.1	0.1	0.1	1.3
Fish larvae		0.1		0.0			

Suppl. table 4. 1984年および1985年に釧路沿岸において NORPAC ネットの鉛直びきにより推定された下層（水深30 m以浅層）の動物プランクトンの現存量（湿重量，mg m^3）
Zooplankton biomass (wet weight, mg m^3) in the upper 30 m water column, estimated from vertical hauls with a NORPAC net in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Station* \ Year Date	1984 April 18	May 12	May 25	June 6	June 25	July 5	July 11	July 20	Aug. 10	Average
A	247	121	575	259	97	11	45	6	6	152
B	148	213	192	379	344	145	57	34	11	169
C	96	65	79	83	181	116	51	48	26	83
Average	164	133	282	240	207	91	51	29	14	

Station* \ Year Date	1985 May 13	May 24	June 6	June 21	July 5	July 13	July 27	Aug. 3	Aug. 5	Aug. 9	Average
A	359	181	705	231	119	378	88	6	270	82	242
B	221	240	290	148	353	79	155	65	25	40	162
C	141	154	358	79	156	1,140	74	84	25	41	225
Average	240	192	451	153	209	532	106	52	107	54	

* See Fig. 18.

Suppl. table 5. 1984年および1985年に釧路沿岸において MTD ネットの水平びきにより推定された表層の動物プランクトンの現存量（湿重量，mg m^3）
Zooplankton biomass (wet weight, mg m^3) in the surface layer, estimated from horizontal tows with a MTD net in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Station* \ Year Date	1984 April 18	May 12	May 25	June 6	June 25	July 5	July 11	July 20	Aug. 10	Average
A	153	15	10	20	759	839	59	5	11	208
B	70	10	2	8	139	709	84	1	1	114
C	18	3	2	5	25	144	111	3	4	35
Average	80	9	5	11	308	564	85	3	5	

Station* \ Year Date	1985 May 13	May 24	June 6	June 21	July 5	July 13	July 27	Aug. 3	Aug. 5	Aug. 9	Average
A	86	60	340	1,241	77	55	86	1	5	30	220
B	11	5	70	95	112	64	6	8	3	1	38
C	12	12	1,123	400	71	12	1	1	6	1	164
Average	36	26	511	579	87	44	31	3	5	11	

* See Fig. 18.

Suppl. table 6. 1984年および1985年に釧路沿岸のA地点で NORPAC ネットにより採集された動物プランクトンの個体数組成
Percentage composition of zooplankton in number in NORPAC net samples at station A in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Organisms \ Year	1984								
Date	April 18	May 12	May 25	June 6	June 25	July 5	July 11	July 20	Aug. 10
Total no.	9,640	4,947	3,954	405	2,148	1,483	2,068	267	553
Copepoda	90.6	82.2	86.0	79.5	99.1	65.0	79.7	94.0	41.1
Natantia larvae	0.3	0.4	1.8	4.9		0.3	0.8	2.6	4.0
Brachyura larvae	0.1	0.1	0.2	0.5	0.1	0.1	0.1		0.4
Gammaridea			0.0	0.2			0.1	1.5	
Hyperiidea	0.0	0.3	2.9	3.7					
Euphausiacea		0.0	0.2						
Euphausiacea larvae			0.9	0.7		0.5	0.4		
Mysidacea larvae		0.0					0.1	0.4	0.2
Cumacea				0.3		1.3			
Ostracoda				0.3		0.1	1.1	0.7	0.4
Cladocera							0.2	0.4	44.3
Appendicularia				0.3	0.2	32.1	14.5		0.7
Polychaeta	8.3	16.9	3.4				0.4		0.1
Sagittoidea	0.0	0.0	1.6	9.6	0.6	0.5	0.2		
Fish larvae	0.1		0.3						
Fish eggs	0.6					0.1			
Coelenterata	0.0		2.7				0.6	0.4	8.7
Limacinidae							1.8		
Insects									0.1

Organisms \ Year	1985								
Date	May 13	May 24	June 6	June 21	July 5	July 13	July 27	Aug. 3	Aug. 9
Total no.	8,064	3,975	15,059	11,511	4,364	13,198	6,472	346	6,554
Copepoda	90.9	90.4	88	96.6	84.5	90.0	53.4	68.2	92.2
Natantia larvae	0.7	0.7	0.1	0.0	0.5	0.3	0.4	0.3	
Brachyura larvae	0.2	1.0	0.2	0.0	0.5	0.1	0.1	0.3	
Anomura larvae	1.1	0.3	0.3	0.1	0.5	0.9	0.8		
Gammaridea					0.3	0.4	0.1	0.6	
Hyperiidea	0.1		0.1	0.0		0.0			
Euphausiacea									
Euphausiacea larvae			2.9	0.4	0.4	0.1	0.0	5.8	
Mysidacea larvae					9.5	1.5			
Cumacea	0.0			0.1		0.4			
Ostracoda		0.5	2.4	1.5	1.0	1.5	0.6	2.6	0.2
Cladocera							3.7	19.9	6.9
Appendicularia	0.5	4.5	4.9	0.4	1.8	4.4	40.7	0.3	
Polychaeta	4.9	1.5	0.1	0.1		0.1	0.0		0.4
Sagittoidea	0.2	1.0	0.6	0.6	0.9	0.1	0.0		
Fish larvae	0.1		0.0		0.0	0.0			
Fish eggs									
Coelenterata	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	1.7	
Limacinidae	1.2		0.1			0.2	0.1	0.3	0.1
Insects									0.2

Suppl. table 7. 1984年および1985年に釧路沿岸のA地点でMTDネットにより採集された動物プランクトンの個体数組成
Percentage composition of zooplankton in number in MTD net samples at station A in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Organisms	Year	1984							
	Date	May 12	May 25	June 6	June 25	July 5	July 11	July 20	Aug. 10
	Total no.	9,401	2,867	16,395	7,213	8,761	3,964	1,814	84
Copepoda		95.8	93.4	96.4	98.9	8.6	74.3	92.2	4.8
Natantia larvae			2.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	
Brachyura larvae		3.7	0.0	0.2	0.1	65.2	4.8		
Isopoda			0.0	0.0					
Gammaridea		0.0	0.5		0.1			0.1	13.1
Hyperiidea		0.1		2.7		0.1		0.3	
Euphausiacea		0.0	0.0			0.1			
Cumacea			0.0						
Ostracoda				0.1		0.1			3.6
Cladocera									
Appendicularia						25.6	19.1		
Polychaeta		0.0		0.0				0.1	
Sagittoidea			0.8		0.7				
Fish larvae		0.0	0.2	0.4	0.0	0.0		0.1	
Fish eggs		0.3					1.1	6.7	45.2
Coelenterata		0.0	2.4	0.1		0.0		0.4	
Insects		0.0	0.1			0.1	0.6		33.3

Organisms	Year	1985								
	Date	May 13	May 24	June 6	June 21	July 5	July 13	July 27	Aug. 3	Aug. 9
	Total no.	34,469	17,999	240,121	12,598	1,348	67,925	5,281	1,079	443
Copepoda		99.0	97.0	99.6	15.9	50.3	98.9	74.8	11.0	80.1
Natantia larvae		0.0	0.1				0.0		0.3	
Brachyura larvae		0.0	1.9	0.0	84.1	33.6			0.3	0.9
Isopoda										0.5
Gammaridea				0.0		0.9	0.0	0.1		9.9
Hyperiidea		0.4		0.0	0.0	0.2	0.0	0.0		0.9
Euphausiacea		0.0		0.0					0.6	1.1
Cumacea							0.7	22.7		
Ostracoda							0.0	0.2	0.2	
Cladocera						0.2	0.0	0.0		
Appendicularia							0.0	0.1		
Polychaeta		0.0	0.0					0.3	85.3	0.9
Sagittoidea										
Fish larvae		0.4	1.0	0.0	0.0				0.8	0.2
Fish eggs									1.5	
Coelenterata		0.2			0.0	0.2		0.1		0.5
Insects				0.3		14.6	0.3	1.6		5.0

Suppl. table 8. 1984年および1985年に釧路沿岸で採集されたサケ稚魚の胃内容物の個体数組成
Percentage composition of food organisms in number in the stomachs of juvenile chum salmon collected in waters near Kushiro in 1984 and 1985.

Food organisms	Year	1984						1985		
	Date	May 24-25	June 25-26	July 5-6	July 10-11	July 20	Aug. 10	June 21	July 6	July 27
	No. of fish examined	7	20	30	39	11	10	11	7	20
Copepoda		35.7	80.2	32.3	14.0	38.7		22.8	64.6	46.0
Natantia larvae		58.7	8.3		1.1	2.5				
Brachyura larvae			0.3	21.3	25.3			46.6	0.4	0.5
Anomura larvae								0.3		8.9
Gammaridea		2.2	6.7	2.0	3.9	43.7			0.2	7.2
Fish larvae		0.6	3.3	0.3		2.5		26.4		
Insects		2.8		25.9	28.7	0.8	98.5		0.1	4.0
Hyperiidea			1.0	10.5	9.5	10.9	1.5	2.7	30.5	15.9
Euphausiacea				0.3	1.7	0.8		0.3	0.4	14.5
Cumacea				1.5					0.2	
Appendicularia				5.9						
Ostracoda					4.1			0.3	2.8	0.5
Polychaeta					4.5					0.3
Cladocera					6.5					1.1
Mysidacea					0.7					
Unidentified			0.2					0.6	0.8	1.1
Total no. of organisms		179	298	677	463	119	802	333	1,598	372

Suppl. table 9. 1977～1980年に網走湾およびその隣接海域で採集されたサケ稚魚の胃内容物の出現率
Percentage occurrence of food organisms in the stomachs of juvenile chum salmon collected in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977–1980. ＋: less than 1 %,

Year	1977	1978		1979				1980					*	
Period	July 21–23	May 18	July 1	May 21–27	June 29	July 1–5	July 7–10	May 18–19	May 24–27	June 30	July 3–6	July 10–11		Total
No. of fish examined	7	30	33	60	36	107	58	40	37	14	49	3		474
Range of FL (cm)	4.6–7.6	3.8–6.3	5.4–6.3	3.2–6.3	4.3–11.0	4.5–9.7	5.4–9.0	3.7–5.1	2.9–6.0	7.4–11.0	5.3–9.5	12.4–14.3		2.9–14.3
Food organisms														
Cladocera						19	17				20			8
Ostracoda				5										1
Copepoda nauplii			63											2
Calanoida	100	83	100	43	61	46	62	33	54	100	73			60
Harpacticoida				25				35	3					11
Mysidacea				3										＋
Cumacea				2							2			＋
Gammaridea				3	6		2		3					1
Hyperiidea	100	36	27	15	61	52	16	50	35	100	10	100		35
Euphausiacea	14		6	3	6		2				8			2
Eup. larvae	14		33	3	6			3		50	2	33		5
Natantia larvae	14	3	12	3	3	2	16		30		14			8
Brachyura larvae	14					2								＋
Gastropoda	14	3	42											3
Appendicularia						24	28				41			12
Insects	86	36	15	23	19	30	19	25	43		8			24
Fish eggs	29		6		6	1	3		5		4			3
Fish larvae		86	9	7	6	5	2	3	5	93	8	67		13
Unidentified				3										1
Empty				5			9		3					3

* Off Etorofu Island.

Suppl. table 10. 1977～1980年に網走湾およびその隣接海域において NORPAC, MTD 両ネット採集により推定された動物プランクトンの昼夜別の現存量（湿重量，mg/m³）
Zooplankton biomass (wet weight, mg/m³) with standard deviation, estimated from NORPAC and MTD nets samplings in day and nighttime in Abashiri Bay and adjacent waters, 1977-1980.

Year	Period	Time	Sample numbers	Range	Average	S. D.
NORPAC net						
1977	July 26-Aug. 1	day	44	9 - 101	47	25
		night	9	30 - 390	121	102
1979	June 26-29	day	23	16 - 265	82	66
		night	5	257 - 518	353	95
1979	July 5-8	day	20	11 - 236	60	54
		night	7	52 - 356	159	103
1980	May 18-22	day	27	48 - 471	155	110
		night	5	143 - 405	278	91
1980	July 1-2	day	16	41 - 236	128	55
1980	July 8-10*	day	17	35 - 623	180	155
1980	July 14-16	day	13	25 - 196	112	53
		night	9	86 - 366	222	101
MTD net						
1980	May 18-27	day	8	1 - 155	31	41
		night	8	13 -1,206	354	346
1980	July 14-16	day	6	2 - 474	87	173
		night	3	41 - 57	52	8

* Off Etorofu Island.

Suppl. table 11. 1980年に網走湾およびその隣接海域においてMTDネットにより採集された表層の動物プランクトンの個体数組成
Percentage composition of zooplankton in number in MTD net samples collected in the surface layer in Abashiri Bay and adjacent waters in 1980. ＋: less than 0.1%

Year	1980															
Date	May 18	May 19	May 19	May 19	May 21	May 21	May 22	May 22	July 2	July 3	July 14	July 14	July 16	July 16	July 16	July 16
Time	17:40	16:00	12:55	10:30	9:35	15:20	0:05	17:00	19:30	10:07	15:05	17:35	10:20	12:45	15:05	18:15
Location(N)	44°12′	44°20′	44°20′	44°10′	44°00′	44°20′	44°00′	44°30′	44°19′	44°16′	44°00′	44°10′	44°12′	44°20′	44°30′	44°23′
(E)	143°50′	143°50′	144°10′	144°11′	144°30′	144°30′	144°50′	145°30′	145°17′	145°14′	144°30′	144°30′	145°10′	144°10′	145°10′	145°20′
Depth(m)	34	100	285	62	56	1,000	52	1,000	580	100	52	740	124	1,130	1,900	350
Hydromedusae	＋		0.6		0.1	＋				＋						1.0
Thecosomata lar.	0.9	4.6	2.5	0.2	2.2	0.6	＋	0.6	＋	＋		0.1		0.6		17.1
Gymnosomata lar.	0.2	＋			＋			＋	＋							3.7
Polychaeta lar.	0.1							＋	＋	＋	＋	0.1				0.1
Cladocera	＋		0.6	2.4			0.1		0.2	81.8	97.3		3.9		1.8	
Copepoda	94.5	72.1	50.3	91.2	97.4	94.0	58.7	97.0	99.3	4.3	1.1	96.8	87.7	53.3	50.3	63.6
Cirripedia lar.	＋			＋				＋			＋					
Mysidacea	＋															
Cumacea									＋							
Isopoda	＋															＋
Amphipoda	0.8	＋	0.6	1.9	＋	4.7	41.1	1.2	0.3	＋		2.9	1.5	2.4	1.2	0.3
Euphausiacea					＋				＋							
Eup. larvae	2.1	0.1	1.9	0.2	0.1		＋	0.1	0.1	0.2	＋	＋	0.5		8.1	0.3
Decapoda lar.	1.3	4.8	14.3	2.4	＋	0.2		1.0	＋		0.1					0.1
Tentaculata lar.	＋															
Chaetognatha	＋	17.9	1.2		＋	＋		＋	＋	＋		0.1				0.1
Echinodermata	＋									3.9						
Appendicularia	＋	＋	24.8		＋				＋	9.6	1.3		2.0	43.6	38.5	9.6
Fish eggs	＋	＋	3.2	1.3	0.1	0.3		＋	＋	0.1	0.1		4.4		＋	0.6
Fish larvae	＋	＋		0.2	＋			＋	＋	＋	＋				＋	3.5

Suppl. table 12. 1979年と1980年に網走湾およびその隣接海域においてMTDネットにより採集された表層の動物プランクトンの重量組成における主要種

Dominant zooplankton species by weight in MTD net samples collected in the surface layer in Abashiri Bay and adjacent waters in 1979 and 1980.

Date	Location (N)	(E)	Time	Towed depth (m)	Total wet wt. (g)	Ranking by weight 1	2	3
July 1, 1979	44°08′,	145°02′	1:55	0	1.2	*Metridia* sp.	*Calanus plumchrus*	*Vibilia* sp.
	〃		〃	5	1.2	*C. plumchrus*	*Metridia* sp.	*Oikopleura* sp.
	〃		〃	10	0.8	*Sagitta elegans*	*Pseudocalanus minutus*	*C. tenuicornis*
May 18, 1980	44°12′,	143°50′	17:40	0	6.5	*C. plumchrus*	*Parathemisto japonica*	Brachyura larvae
18	44°13′,	143°45	20:00	0	20.1	*C. plumchrus*	*P. minutus*	*Tortanus discaudatus*
18	44°09′,	144°00′	22:36	0	53.5	*T. discaudatus*	*P. minutus*	*C. plumchrus*
18	44°08′,	144°12′	0:37	0	20.9	*P. minutus*	*Eucalanus bungii bungii*	*C. plumchrus*
21	44°00′,	144°30′	9:35	0	17.8	*C. plumchrus*	*P. minutus*	Euphausiacea larvae
21	44°20′,	144°30′	15:20	0	0.8	*Acartia longiremis*	*P. japonica*	Fish eggs
21	44°20′,	144°50′	18:30	0	185.7	*P. minutus*	*P. japonica*	Brachyura larvae
21	44°07′,	144°50′	22:20	0	65.9	*C. plumchrus*	*P. minutus*	Fish eggs
22	44°00′,	144°50′	0:05	0	43.8	*P. minutus*	*C. plumchrus*	*Metridia* sp.
22	44°30′,	145°30′	17:00	0	12.1	*P. minutus*	*P. japonica*	Brachyura larvae
27	43°57′,	144°43′	20:00	0	43.9	*C. plumchrus*	*P. minutus*	*Sagitta elegans*
27	43°56′,	144°34′	22:10	0	2.0	*T. discaudatus*	*A. longiremis*	*Ammodytes* larvae
July 2, 1980	44°18′,	145°16′	22:20	0	63.1	*C. plumchrus*	*Metridia* sp.	*P. minutus*
2	〃		〃	2	85.3	*C. plumchrus*	*Metridia* sp.	*P. minutus*
2	〃		〃	5	41.8	*C. plumchrus*	*Metridia* sp.	*P. minutus*
2	〃		〃	10	49.2	*C. plumchrus*	*Metridia* sp.	*P. minutus*
3	44°16′,	145°14′	10:07	5	1.9	*Evadne nordmanni*	*C. plumchrus*	Euphausiacea larvae
3	〃		〃	10	3.4	*E. nordmanni*	*C. plumchrus*	*E. bungii bungii*
3	〃		〃	20	0.1	*P. minutus*	*Metridia* sp.	*E. nordmanni*
14	44°00′,	144°30′	15:05	0	1.6	*E. nordmanni*	Euphausiacea eggs	Fish eggs
14	44°10′,	144°30′	17:35	0	36.5	*C. plumchrus*	*P. minutus*	*P. japonica*
14	44°10′,	144°50′	20:40	0	4.4	*C. plumchrus*	*Metridia* sp.	*Sagitta elegans*
14	44°06′,	144°49′	23:20	0	4.4	*C. plumchrus*	*Ammodytes* larvae	*Metridia* sp.
16	44°20′,	145°10′	12:45	0	0.1	Euphausiacea eggs	*Oikopleura* spp.	*Calanus pacificus*
16	44°30′,	145°10′	15:05	0	0.6	*Oikopleura* spp.	*P. minutus*	Euphausiacea larvae
16	44°30′,	145°30′	23:40	0	3.2	*C. plumchrus*	*Sagitta elegans*	Euphausiacea larvae
16	44°23′,	145°20′	18:15	0	0.8	*C. plumchrus*	*A. longiremis*	*P. minutus*
16	44°12′,	145°10′	10:25	0	0.4	Euphausiacea eggs	Fish eggs	*C. pacificus*

Suppl. table 13. 1981～1985年に太平洋海域において NORPAC ネットの鉛直びきにより推定された下層（水深150m以浅層）の動物プランクトンの昼夜別，海域別および時期別の現存量（湿重量，mg/m³）
Zooplankton biomass (wet weight, mg/m³) in the upper 150m water column by area and period, estimated from day and nighttime vertical hauls with a NORPAC net in the Pacific Ocean, 1981-1985.

Area	Period	late-May—early June		mid-June—late June		early July—mid-July		late July—early August	
		Day	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night
Off Tohoku	No. of samples	26	16	22	18	14	6		
	Range	1-394	6-661	3-435	17-445	7-101	65-110		
	Average	79	285	68	160	46	86		
	S.D.	103	210	98	122	31	15		
West of Cape Erimo	No. of samples	43	22	14	8	23	12		
	Range	16-777	27-1,089	9-483	68-493	2-40	8-59		
	Average	353	466	89	277	12	33		
	S.D.	215	268	122	147	8	17		
East of Cape Erimo	No. of samples	53	17	35	13	87	39	30	18
	Range	25-876	118-1,661	57-553	162-614	11-853	11-681	8-215	60-964
	Average	297	336	256	266	162	261	74	285
	S.D.	220	365	118	125	139	151	54	245

Suppl. table 14. 1981～1985年に太平洋海域において MTD ネットの水平びきにより推定された表層の動物プランクトンの昼夜別，海域別および時期別の現存量（湿重量，mg/m³）
Zooplankton biomass (wet weight, mg/m³) in the surface layer by area and period, estimated from day and nighttime horizontal tows with a MTD net in the Pacific Ocean, 1981-1985.

Area	Period	late-May—early June		mid-June—late June		early July—mid-July		late July—early August	
		Day	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night
Off Tohoku	No. of samples	24	14	22	14	14	6		
	Range	1-98	1-666	1-24	17-743	3-38	15-133		
	Average	18	122	7	165	15	74		
	S.D.	22	166	6	206	9	38		
West of Cape Erimo	No. of samples	24	14	5	5	15	7		
	Range	2-2,533	1-404	2-399	28-178	1-60	25-173		
	Average	254	139	96	102	14	87		
	S.D.	668	126	170	70	19	52		
East of Cape Erimo	No. of samples	38	14	20	9	51	16	30	19
	Range	1-185	10-516	1-187	22-911	1-1,295	3-535	1-97	1-915
	Average	24	116	25	265	41	80	7	87
	S.D.	39	143	43	284	182	139	18	209

Suppl. table 15. 1981年に太平洋海域の表層でMTDネットにより採集された動物プランクトンの重量組成における主要種
Dominant zooplankton species by weight in MTD net samples collected in the surface layer in the Pacific Ocean, in 1981.

Date	Location (N) (E)	Time	Towed depth (m)	Total wet wt. (g)	Ranking by weight 1	2	3
June 4, 1981	42°00′,141°20′	15:30	0	0.7	*Acartia tumida*	*Pseudocalanus minutus*	*C. plumchrus*
4	42°20′,141°20′	18:20	0	161.1	*Calanus plumchrus*	*Clione* sp.	*Parathemisto japonica*
4	42°30′,141°40′	21:40	0	4.2	*C. plumchrus*	*Metridia pacifica*	*P. minutus*
4	42°00′,142°00′	12:20	0	2.3	*C. plumchrus*	*Calanus pacifica*	*Acartia longiremis*
6	42°19′,142°00′	8:20	0	3.2	*A. longiremis*	*P. minutus*	*C. plumchrus*
6	42°10′,142°20′	12:50	0	1.9	*Centropages abdominalis*	*C. plumchrus*	*P. minutus*
8	41°50′,142°20′	13:30	0	77.1	*C. plumchrus*	*P. minutus*	Euphausiacea larvae
8	42°00′,142°40′	16:10	0	195.0	*P. japonica*	*C. plumchrus*	*P. minutus*
8	41°50′,143°00′	22:45	0	10.3	*C. plumchrus*	*Sagitta elegans*	*P. minutus*
9	41°40′,143°20′	8:20	0	4.0	*C. plumchrus*	*Eucalanus bungii bungii*	*P. minutus*
9	42°00′,143°40′	13:35	0	0.2	*C. plumchrus*	Brachyura larvae	*Balanomorpha cypris*
9	42°10′,143°40′	15:30	0	0.5	*C. plumchrus*	*P. japonica*	Brachyura larvae
10	42°20′,144°00′	13:55	0	0.1	*C. plumchrus*	*Sagitta elegans*	Brachyura larvae
10	42°30′,143°40′	17:30	0	4.3	Brachyura larvae	*C. pacificus*	*C. plumchrus*
10	42°43′,143°55′	23:50	0	1.7	*C. plumchrus*	*Sagitta elegans*	Fish larvae
11	42°48′,144°20′	9:30	0	0.1	*C. plumchrus*	*Sagitta elegans*	Fish larvae
11	42°40′,144°40′	13:10	0	0.2	Fish eggs	*Sagitta elegans*	*Calanus cristatus*
12	42°50′,145°00′	7:40	0	0.2	*C. plumchrus*	*P. minutus*	*A. tumida*
12	42°40′,145°20′	12:15	0	0.4	*P. japonica*	*C. plumchrus*	*Metridia okhotensis*
12	43°00′,145°20′	15:50	0	0.4	Gastropoda larvae	*P. japonica*	Brachyura larvae
July 7, 1981	41°50′,141°40′	14:00	0	0.2	*A. longiremis*	Brachyura larvae	*C. abdominalis*
7	42°11′,141°40′	17:41	0	0.8	*Acartia clausi*	Brachyura larvae	Gammaridea
7	42°30′,141°40′	18:24	0	1.0	*P. japonica*	*Sagitta elegans*	*A. longiremis*
7	42°20′,142°00′	22:50	0	8.2	Fish larvae	Gammaridea	*M. pacifica*
8	42°00′,142°00′	2:50	0	0.1	Cumacea	*A. longiremis*	Pelecypoda larvae
8	41°39′,112°00′	15:50	0	0.3	*A. longiremis*	Gammaridea	*Oikopleura* spp.
8	41°30′,142°20′	18:47	0	4.6	*A. longiremis*	*Epilabidocera* sp.	Brachyura larvae
9	41°50′,142°20′	0:57	0	9.1	*M. pacifica*	*P. japonica*	Gammaridea
9	42°10′,142°21′	11:10	0	0.1	*C. plumchrus*	*A. longiremis*	*P. minutus*
9	〃	〃	5	0.3	*P. minutus*	*C. abdminalis*	Euphausiacea larvae
9	42°00′,142°40′	14:55	0	0.1	*A. longiremis*	Brachyura larvae	*P. minutus*
9	〃	〃	5	0.1	*A. longiremis*	*P. minutus*	*P. japonica*
9	〃	〃	10	0.1	*P. minutus*	Euphausiacea larvae	*E. bungii bungii*

Suppl. table 15. Continued.

Date	Location (N) (E)	Time	Towed depth (m)	Total wet wt. (g)	Ranking by weight 1	2	3
July 9, 1981	41°40′,142°40′	17:36	0	0.1	*A. clausi*	*P. minutus*	*Sagitta elegans*
9	41°30′,143°00′	21:10	0	2.8	*P. japonica*	Euphausiacea larvae	*Sagitta elegans*
10	41°50′,143°00′	1:05	0	13.3	*P. minutus*	*C. plumchrus*	Gastropoda larvae
10	〃	〃	5	16.2	*C. plumchrus*	*P. minutus*	*E. bungii bungii*
10	〃	〃	10	28.1	*P. minutus*	*C. plumchrus*	*Sagitta elegans*
10	41°40′,143°20′	17:05	0	0.3	Brachyura larvae	*P. minutus*	*C. abdominalis*
10	〃	〃	10	1.7	*C. plumchrus*	*E. bungii bungii*	*P. minutus*
10	41°30′,143°40′	21:03	0	2.3	*P. japonica*	*C. pacificus*	Euphausiacea larvae
10	〃	〃	5	8.9	*E. bungii bungii*	*C. plumchrus*	*M. pacifica*
10	〃	〃	10	38.9	*E. bungii bungii*	*M. pacifica*	*C. plumchrus*
10	41°40′,144°00′	1:15	0	13.1	*P. japonica*	*C. plumchrus*	*M. pacifica*
10	41°50′,143°40′	12:35	0	0.8	Brachyura larvae	*P. japonica*	*A. clausi*
11	41°50′,144°20′	16:18	0	0.1	Brachyura larvae	*A. clausi*	*P. minutus*
12	42°00′,143°28′	3:32	0	19.1	*C. plumchrus*	*Sagitta elegans*	*C. cristatus*
12	〃	〃	5	44.6	*C. plumchrus*	*Sagitta elegans*	*E. bungii bungii*
12	〃	〃	10	163.7	*C. plumchrus*	*P. minutus*	*Sagitta elegans*
13	42°10′,143°45′	11:18	0	0.1	*A. clausi*	Brachyura larvae	*P. minutus*
13	〃	〃	5	0.7	*P. minutus*	*E. bungii bungii*	*A. longiremis*
13	〃	〃	10	33.9	*E. bungii bungii*	*P. minutus*	*C. plumchrus*
13	42°10′,144°20′	15:05	0	0.1	*A. longiremis*	*E. bungii bungii*	*P. minutus*
13	42°20′,144°00′	18:52	0	0.6	Copepoda nauplii	*A. clausi*	Gastropoda larvae
13	〃	〃	5	0.1	Copepoda nauplii	*P. minutus*	*A. longiremis*
13	〃	〃	10	7.3	*E. bungii bungii*	*P. minutus*	*M. pacifica*
14	42°20′,143°29′	2:20	0	4.2	*P. japonica*	Decapoda larvae	Gammaridea
14	42°30′,143°45′	14:30	0	1.3	*P. minutus*	*E. bungii bungii*	*C. plumchrus*
14	〃	〃	5	0.5	*P. minutus*	*A. longiremis*	*Fritillaria borealis*
14	42°30′,143°33′	12:35	0	0.2	*A. longiremis*	*Epilabidocera* sp.	*E. bungii bungii*
14	42°30′,144°20′	18:27	0	0.1	Brachyura larvae	*A. longiremis*	*P. minutus*
14	42°39′,144°06′	23:05	0	0.8	*P. japonica*	*C. plumchrus*	*C. pacificus*
14	〃	〃	5	4.2	*C. plumchrus*	*C. pacifica*	*P. minutus*
14	〃	〃	10	25.0	*C. plumchrus*	*E. bungii bungii*	*M. pacifica*
15	42°40′,143°45′	3:20	0	1.8	Brachyura larvae	Anomura larvae	*A. longiremis*
15	42°49′,144°20′	8:24	0	11.3	*P. japonica*	*C. plumchrus*	*A. clausi*

Suppl. table 16. 1981～1985年に太平洋海域において MTD, NORPAC 両ネットの昼間の採集により推定された水塊別，層別および時期別の動物プランクトン現存量（湿重量，mg/m³）．括弧内の数字は標本数
Zooplankton biomass (wet weight, mg/m³) in the surface and the 0-150 m water layers by water mass and period, estimated from daytime MTD and NORPAC nets samplings in the Pacific Ocean, 1981 1985. Numerals in parentheses are the number of samples.

Water mass	Layer	Period	late May —early June	mid June —late June	early July —mid-July	Average
Warm water	Surface layer		11 (5)	6 (15)	14 (8)	9 (28)
	0-150 m layer		95 (9)	45 (16)	52 (10)	60 (35)
Mixed water	Surface layer		45 (9)	12 (4)	19 (9)	28 (22)
	0-150 m layer		154 (12)	137 (5)	37 (11)	105 (28)
Coastal water	Surface layer		33 (14)	79 (6)	29 (13)	40 (33)
	0-150 m layer		414 (34)	224 (13)	105 (17)	289 (62)
Oyashio Water	Surface layer		113 (58)	24 (22)	37 (50)	69 (130)
	0-150 m layer		247 (69)	202 (37)	145 (82)	193 (191)

Suppl. table 17. 1981～1985年に太平洋海域において採集されたサケ稚魚の海域別，年別の胃内容物の出現率
Percentage occurrence of food organisms in the stomachs of juvenile chum salmon by area and year, collected in the Pacific Ocean, 1981-1985.

Area	Off Tohoku		Off Hidaka			Off Tokachi			Off Kushiro		Off Akkeshi		
Year	1983	1985	1981	1982	1983	1981	1982	1983	1983	1984	1983	1984	1985
Month	June	May	June	July	July	July	July	July	July	July	July	July	Aug.
No. of fish ex.	81	25	60	51	21	29	32	50	25	86	67	30	20
FL range (cm)	8-11	6-12	5-14	5-12	9-12	7-12	9-14	6-11	9-12	10-12	8-12	9-13	9-12
Food organisms													
Cladocera		4									3		
Ostracoda	7	12		14			3		4	7	15		
Copepoda	7		35	49	33	38	31	42	20	22	40	23	85
Mysidacea											4	7	
M. larvae											3		
Cumacea										1			
Gammaridea	2	4					19			6	16	10	15
Hyperiidea	42	88	72	24	10	17	19	44	12	9	36	7	5
Euphausiacea	20	8	5	8	19	3	19	6		7	6	7	25
E. larvae		8				14	22	40	28				
Natantia lar.											22	10	
Brachyura lar.		16	3	8		10	28	2	28	57	25	33	
Appendicularia		4		12				10	20	1		7	
Fish larvae	33	4	32	14	14	10	13	8		1	12	3	10
Fish eggs		4											
Insects	5	4	22	6	66	28	13	16	16	16	9	3	70
Empty	27		2	2		3		16	16	7	6	20	5

Suppl. table 18. 1984～1985年の5月中旬～下旬に津軽海峡およびその隣接海域において NORPAC, MTD 両ネット採集により推定された水塊別，海域別，昼夜別および層別の動物プランクトン現存量（湿重量，mg/m³）
Zooplankton biomass (wet weight, mg/m³) in the surface and the 0-50 m water layers by water mass and area, estimated from day and nighttime samplings with NORPAC and MTD nets in Tsugaru Strait and adjacent waters from mid-May to late May in 1984-1985.

Water mass	Area	Time	0-50 m layer (NORPAC net)				Surface layer (MTD net)			
			Range	Average	S. D.	No.	Range	Average	S. D.	No.
Coastal water	Japan Sea	day	4- 29	14	8	7	1- 79	18	26	7
		night	42-250	102	72	8	21- 62	30	16	8
Warm water	Japan Sea—	day	1- 98	23	24	39	7- 18	5	4	39
	Tsugaru St.	night	19-521	129	142	25	1-205	44	46	26
	Pacific	day	5- 46	24	14	8	1- 98	32	33	8
	Ocean	night	24-509	168	187	5	27-210	106	86	5
Oyashio Water	Pacific	day	4- 777	235	220	27	1- 59	18	15	27
	Ocean	night	55-600	264	213	10	5-199	71	65	10
Total		day	1-777	93	163	81	1- 98	13	18	81
		night	19-600	157	167	48	1-210	54	57	49

西水研研報 第68号, 平成2年3月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 68, March 1990

Zooplankton Biomass Share of the Collection with Plankton Net in the Waters to the West of Kyushu, March 1987

Yasuhiro MORIOKA*, Junko NAKASHIMA* and Katsunori KIMOTO*

To evaluate the amount of very zooplankton in a plankton net haul, repeated vertical hauls with the triplet plankton nets (45 cm in mouth diameter, filtering cloths of 335, 200 and 100 μm mesh aperture each) were made at 2 sites in the northeastern waters of the East China Sea, in March 1987. The samples were divided by a splitting box, and the aliquots were processed on board the ship for sorting zooplankton and measuring chlorophyll *a* and dry weight. Zooplankters were separated from phytoplankton and carcass of phyto- and zooplankton by hand under dissecting microscope.

Phytoplankton biomass converted from chlorophyll *a* and the amount of carcass increased when mesh size decreased. The component ratios of zooplankton biomass decreased with decreasing mesh size amounting 78% (335 μm mesh) and 57% (100 μm mesh) at one station, but 60% (335 μm mesh) and no more than 35% (100 μm mesh) at the other station.

INTRODUCTION

Plankton net is used commonly for the quantitative research of middle-sized zooplankton. The weight of whole body of crude sample caught by plankton net per unit volume of sea water is often useful for the primary index of zooplankton biomass in the area and season concerned. However, the net catches not only animal plankters but also phytoplankton, detrital material of carcass of zoo- and phytoplankton, and sometimes others. Therefore, the "zooplankton biomass" is over estimated if the above mentioned index is used.

The present paper intends to evaluate the amount of very zooplankton in a whole plankton collection to get the precise biomass of zooplankton assembly. Particular efforts were made to sort out zooplankters from the samples by human hand under dissecting microscope.

Received January 31, 1990. (平成2年1月31日受理)
Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 462 (西海区水産研究所業績第462号)
*Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan (森岡泰啓・中嶋純子・木元克則, 西海区水産研究所 〒850 長崎市国分町49)

MATERIALS AND METHODS

1. Sampling at sea and laboratory process

Plankton samples were collected by vertical hauls with the cylindo-conical triplet plankton nets from the depths to the sea surface. The mouth rings of the net, 45 cm in diameter each, are arranged side by side in an identical horizon, and the mesh sizes of filtering cloth of each net are 335, 200 and 100 μm. Repeated hauls at two sampling sites in the Goto-nada waters, to the west of Kyushu, were made on board the research vessel *Yoko Maru* (500 gross tons) in March 1987 (Table 1).

Table 1. An outline of sampling conditions for triplet plankton net hauling and the amount of phytoplankton in the Goto-nada waters, March 19, 1987.

Stn. no.	Position	Depth of sea (m)	Hour	Swell	Wave	Depth of haul (m)	No. of hauls	*Phytoplankton (mg/m^3)
1	32° 45′ N, 129° 17′ E	126	08:09-08:40	2	3	100-0	5	200
2	33° 08′ N, 129° 17′ E	66	13:22-13:45	3	5	60-0	3	799

* Mean dry weight (multiplied chlorophyll *a* by 500) for vertical column from the surface to the near of the sea bottom

The samples were divided into two subsamples in turn with a splitting box (KOZASA unpublished) which was originally designed by MOTODA[1], and 4 aliquots were preserved through adequate treatment for different purposes on board the ship as shown in Fig. 1. A calibration of the splitting box had been made using fresh water instead of sea water containing plankters in the workshop of the ship on a relatively calm day (class of swell 2), in order to obtain the precise dividing ratio. The coefficient of variation of the ratio showed 1.2%. Moreover, water

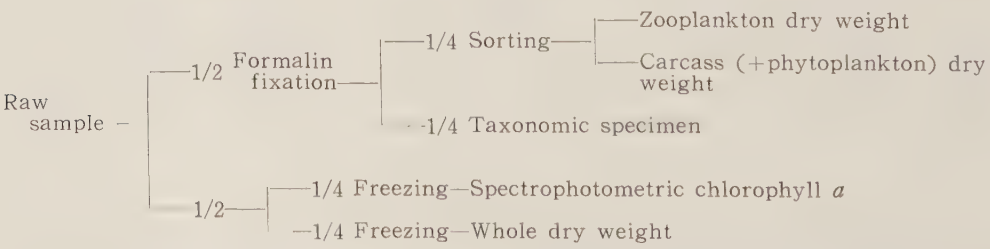


Fig. 1. A diagram showing the process of subsampling and treatment of the aliquots for plankton samples caught by the triplet net haul for evaluating zooplankton biomass share in the collection from the Goto-nada waters, March 1987.

samples were collected with Niskin bottle from several layers from the surface to the near of the sea bottom at each site for the spectrophotometric counting of chlorophyll *a*.

Zooplankters were removed under dissecting microscope from ordinarily the half volume of the divided sample which has been stored in the formalin sea water solution. It was not always easy for us to distinguish the living animal bodies from non-living ones. The body with substantial content under the armor was deemed living even if the animal failed to have some parts of the body, because it might have been due to some mechanical damage by the plankton net wall during hauling or rinsing. Animals without body content were classified into the member of "residue", which also includes phytoplankters and their corpse, etc.

The sorted zooplankton and residue were rinsed with isotonic ammonium formate to eliminate salt contained between the appendages and the specimens. The same was done for non-sorting samples before freezing. The weight of all materials was measured after heat drying in an electric oven for 24 hours at 60℃. Thus, the values of weight in this paper appear in terms of dry weight. The dry weight of phytoplankton was estimated from chlorophyll *a* content in it assuming that phytoplankton dry weight/chlorophyll *a* ratio is 500 as will be mentioned just below.

2. Assumptions

2-1. Phytoplankton/chlorophyll ratio IWASAKI[2] compiled 7 data of chlorophyll *a* content in phytoplankton for five species of diatom. The table by him shows that chlorophyll *a* occupies the range from 0.038 to 1.44% of whole phytoplankton in weight. The organic carbon content amounts to 12.0 and 7.1% of plankton diatoms.[3] The data of carbon/chlorophyll ratio in natural populations are available

Table 2. Organic carbon/chlorophyll *a* ratio by the previous authors.

Area	Season	Carbon/Chl. *a*	Remarks	References
Departure Bay, British Columbia		24-114		ANTIA *et al*[4]
	After the initial bloom of plants	25	Vigorously growing crop with excess NO_3	
		60	Unhealthy crop in depleted NO_3	
Northern North Sea	All year around	14-116	Approximate reading from the text figure	STEELE & BAIRD[5]
Off La Jolla, California	April-August	71-120	NO_3 undetectable	EPPLY[6]
		22- 48	NO_3 present	
Ise Bay, Honshu	May-September	80-220	1979	IWASAKI[7]
	May-July	32- 77	1980	

Table 3. Amount of pigment taken in the gut of euphausiids and copepods from the previous works and calculated weight content of phytoplankton in a body of zooplankter.

Species	Gut pigment ($10^{-3}\mu$g/animal)[a]	Gut plant (μg /animal)[b]	Animal dry weight (mg)	Gut plant /animal (%)	References
Euphausia similis	819[c]	409.5	18.2	2.25	NEMOTO[9]
E. nana	14[c]	7.0	4.5	0.15	NEMOTO[10]
Eucalanus bungii bungii	15[c]	7.5	0.5	1.50	NEMOTO[10]
Megacalanus princeps	53[c]	26.5	8.8-9.5	0.28-0.30	NEMOTO[11]
Pseudocalanus elongatus	0.186[d]	0.093	0.016[e]	0.58	BAARS & OOSTERHUIS[12]
Temora longicornis	0.944[d]	0.472	0.013[e]	3.63	BAARS & OOSTERHUIS[12]
Centropages hamatus	0.815[d]	0.408	0.019[e]	2.15	BAARS & OOSTERHUIS[12]
Calanus helgolandicus	3.63[d]	1.82	0.40[e]	0.46	BAARS & OOSTERHUIS[12]

a) Maximum value of mean chlorophyll *a* (and phaeo-pigments)
b) Multiplied gut pigment by 500 according to an assumption appeared in the present text
c) Chlorophyll *a* and phaeo-pigments
d) Chlorophyll *a*
e) Not given in the text, and obtained from the previous works assuming that dry weight is 20 % wet weight. Wet weight data were derived from those in Barents Sea by BOGOROV[13]

through those previously reported (Table 2) for the estimation of phytoplankton biomass from chlorophyll *a*. Some of the authors in Table 2 pointed out that the variety in the ratio can be related to species composition, incident radiation and nutrient condition in the environment.[5,6] The state of nutrition of plankters[8] and carbon and pigment compositon of the cell[4] may not be left out of consideration either. It is suggested that the ratios should be lower for such phytoplankton as subject to higher light intensity or less nutritive waters.[5,6,8] IWASAKI[7] suggested a tentative value of 50 as the annual mean of carbon/ chlorophyll *a* ratio from previous data and his own results. In the present paper, we shall adopt this value. Thus, the dry weight of phytoplankton is obtained by multiplying 500 by the weight of chlorophyll *a* when the carbon content of phytoplankton is assumed to be 10% (approximate mean of values by CURL[3]) as mentioned above.

2-2. Phytoplankton content in animal gut The amount of chlorophyll *a* (and phaeo-pigments) taken in the gut of euphausiids and copepods determined by the previous authors is given in Table 3. The values are those of maximum for average of the species, and were multiplied by 500 to calculate the dry weight of phytoplankton basing on the above assumption. Their percentages in body weight were obtained from body dry weight of each animal. The body dry weight data were derived from previous works for animals without datum in the original table. The results indicated that the phytoplankton occupy 0.15-3.6% of whole body of a zooplankter. According to BAARS and OOSTERHUIS,[12] the amount of gut pigment indicates diurnal change and positive correlation with ambient chlorophyll concentration, and the highest value was obtained by them at the highest pigment concentration, 8 μg chl. *a*/*l*. The values observed in the present study are by far lower than this (Table 1). The amount of phytoplankton taken in the gut of animal is regarded as negligible in the present study.

RESULTS AND DISCUSSION

Weight of the frozen aliquot, the sorted zooplankton and the residue preserved in formalin solution, as well as the calculated phytoplankton are given in Table 4. The whole collection and each item in it increased with the decrease of mesh size. The sums of the zooplankton and the residue are not equal to the whole of the non-sorted frozen sample. The former ranged from 47% (335 μm mesh net) to 72% (100 μm mesh) of the latter at Stn. 1. This seems to be due to the decrease of volume and weight of plankters during preservation in formalin solution. Few months spent on the sorting process are enough to introduce the decrease of the weight of the organic bodies.[14] On the other hand at Stn. 2, the former sometimes

Table 4. Dry weight of frozen aliquot, sorted zooplankton, residue from formalin sample, and phytoplankton obtained by vertical hauls with triplet nets of different mesh size at 2 stations in the Goto-nada waters, March 19, 1987.

Stn. no.	Mesh size (μm)	No. of samples	Frozen sample: Whole material (mg/m^3) Mean	Frozen sample: Whole material (mg/m^3) SD	Formalin fixed sample: Zooplankton (mg/m^3) Mean	Formalin fixed sample: Zooplankton (mg/m^3) SD	Formalin fixed sample: Residue (mg/m^3) Mean	Formalin fixed sample: Residue (mg/m^3) SD	*Phytoplankton (mg/m^3) Mean	*Phytoplankton (mg/m^3) SD
1	335	5	3.31	1.32	1.22	0.24	0.34	0.08	0.04	0.01
	200	5	5.29	1.57	2.21	0.73	1.05	0.33	0.12	0.06
	100	5	8.29	1.77	3.45	1.05	2.55	0.82	0.77	0.28
2	335	3	3.60	0.42	3.01	0.44	2.00	0.59	0.12	0.04
	200	3	11.07	3.59	5.96	1.32	4.48	0.48	2.14	1.11
	100	3	34.06	16.00	12.56	5.42	23.52	7.14	17.97	11.32

* Spectrophotometric chlorophyll *a* multiplied by 500
SD: Standard deviation

excelled the latter; 141%, 94% and 106% for 335 μm, 200 μm and 100 μm, respectively.

The dividing ratio of the splitting box may be disordered by rolling of the ship in relatively rough sea of swell 3 at Stn. 2. But it should not be enough as to account a disorder as high as 40%. Unknown factors seems to cause the disagreement between the formalin preserved and the frozen materials. Assuming that the sum of the formalin zooplankton and the residue is equal to the non-sorted material frozen, the biomass of zooplankton and the concentration of the residue were calculated by proportional division from the ratio between the zooplakton and the residue. As the residue, of course, includes phytoplankton, "carcass" was obtained by subtracting phytoplankton from the residue. Phytoplankton in the gut of animal was neglected as mentioned on the second assumption. Relative abundance of each item in mean weight is summarized and illustrated in Fig. 2.

The percentages of phytoplankton were larger in the smaller meshes. The carcass occupied larger part in the smaller meshes at Stn. 1, and vice versa at Stn. 2. The relative abundance of phytoplankton and carcass must vary according to the evaluation of the amount of phytoplankton, namely C/ chlorophyll *a* ratio. The percentages of the living zooplankton decreased in the smaller meshes, showing 78% by 335 μm mesh and 57% by 100 μm mesh at Stn. 1. On the other hand, they were 60% even by 335 μm mesh, and no more than 35% by 100 μm mesh

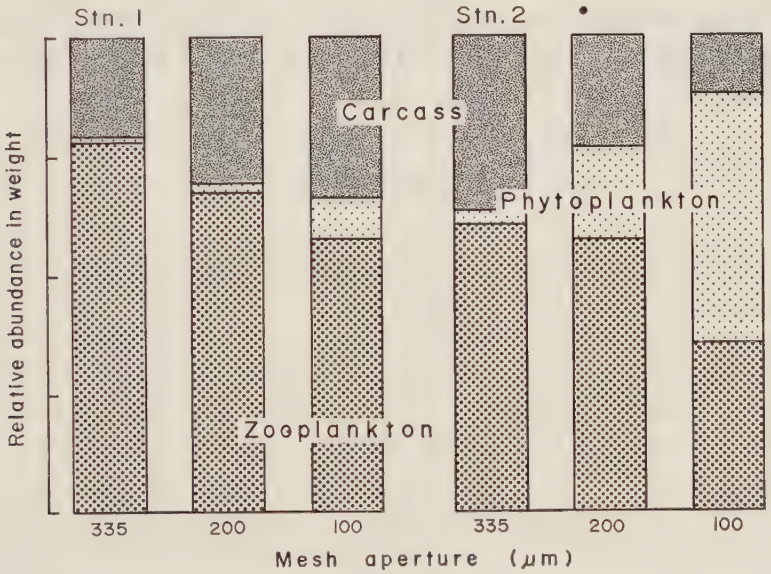


Fig. 2. Relative abundance of mean zooplankton, phytoplankton and carcass in weight caught by triplet nets of different mesh sizes at 2 stations in the Goto-nada waters, March 1987.

at Stn. 2. The lower percentages of zooplankton at this site is likely due to the larger catch of phytoplankton from the denser phytoplankton population (Table 1). The amount of phytoplankton collected with plankton net, however, was by far the minor part of ambient standing stock, occupying ordinarily less than 0.5% and, at most, 2% or more. The shorter distance of vertical haul might also give the larger component ratio of phytoplankton in the net collection. Because the relative thickness of phytoplankton rich layer varies according to the distance of haul through vertical column including phytoplankton poor layer. Cell size and external morphology of phytoplankter may also affect this matter in accordance with the plankton net retention of the plant body. Thus, the relative abundance of net zooplankton must be different in different localities and seasons. Observations in the representative seasons in a certain area should be under a necessity. As the hand sorting of zooplankters requires labor and is time cosuming, another methods should also be developed for the effective prosecution of this subject. Measurement of C : N ratio of zooplankton and zooplankton plus detritus performed by Hirota and Szyper[15] is likely one of the practical methods, though it needs an assumption of C : N ratio for detritus which may be variable according to conditions.

Acknowledgements: The authors are grateful to Dr. F. Koga, Seikai National Fisheries Research Institute, for his suggestion and encouragement during the study. They appreciate valuable comments by the member of the editorial board of this bulletin. Particular thanks are due to the crew of R/V *Yoko Maru* of the Institute for their kind help on board the ship.

REFERENCES

1) S. Motoda 1959: Devices of simple plankton apparatus. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **7** (1/2), 73 94, 8 pls.

2) H. Iwasaki 1975: Shokubutsu-purankuton no seiri (Physiology of phytoplankton). pp. 49–115. In "Kaiyo Purankuton (Marine Plankton)" (ed. by S. Motoda), Tokai Univ. Press, Tokyo, 240 pp. (In Japanese)

3) H. Curl, Jr. 1962: Analyses of carbon in marine plankton organisms. *J. mar. Res.*, **20** (3), 181–188.

4) N. J. Antia, C. D. McAllister, T. R. Parsons, K. Stephens and J. D. H. Strickland 1963: Further measurements of primary production using a large-volume plastic sphere. *Limnol. Oceanogr.*, **8** (2), 166–183.

5) J. H. Steele, and I. E. Baird 1965: The chlorophyll *a* content of particulate organic matter in the northern North Sea. *Limnol. Oceanogr.*, **10** (2), 261–267.

6) R. W. Eppley 1968: An incuvation method for estimating the carbon contents of phytoplankton in natural samples. *Limnol. Oceanogr.*, **13** (4), 574–582.

7) H. Iwasaki 1980: Ago-wan, Ise-wan ni okeru do-shokubutsu purankuton no gensonryo suitei ni kansuru kenkyu (Estimation of zoo-and phytoplankton biomass in Ago Bay and Ise Bay). pp. 7–22. In "Do-shokubutsu Purankuton Gensonryo Suitei Gijutsu ni kansuru Kenkyu (Method for Estimating Zoo-and Phytoplankton Standing Stock)". Kumamoto Univ., Kumamoto, 45 pp. (In Japanese)

8) J. D. H. Strickland 1960: Measuring the production of marine phytoplankton. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, (122), 1–172.

9) T. Nemoto 1968: Chlorophyll pigments in the stomach of euphausiids. *J. Oceanog. Soc. Japan*, **24** (5), 253–260.

10) T. Nemoto 1970: Chlorophyll pigments in digestive guts of zooplankton. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **17** (1), 50–55. (In Japanese with English abstract)

11) T. Nemoto 1972: Chlorophyll pigments in the stomach and gut of some macrozooplankton species. pp. 411–418. In "Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean" (ed. by Y. Takenouchi), Idemitsu Shoten, Tokyo, 626pp.

12) M. A. Baars and S. S. Oosterhuis 1984: Diurnal feeding rhythms in North Sea copepods measured by gut fluorescence, digestive enzyme activity and grazing on labelled food. *Neth. J. Sea Res.*, **18** (1/2), 97–119.

13) B. G. Bogorov 1957: Unification of plankton research. *Ann. Biol.*, **38** (7/8), 299–315.

14) M. Omori 1978: Some factors affecting on dry weight, organic weight and concentrations of carbon and nitrogen in freshly prepared and in preserved zooplankton. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, **63** (2), 261–269.

15) Hirota, J. and J. P. Szyper 1976: Standing stocks of zooplankton size-classes and trophic levels in Kaneohe Bay, Oahu, Hawaiian Islands. *Pacific Sci.*, **30** (4), 341–361.

プランクトンネット採集物に占める動物プランクトン生物量の評価

森岡泰啓・中嶋純子・木元克則

抄　　録

動物プランクトンの採集にはプランクトンネットが最もふつうに使用されているが，その目合いがよほど大きくないかぎり，目的である動物プランクトン以外に植物プランクトンやこれらの屍骸などをも同時に捕集してしまう．水域の動物プランクトン生物量を一次的に知ろうとするとき，一般に行われている湿重量や乾燥重量測定の方法をそのまま用いると，これら夾雑物をも合せて計ることになり，生物量が過大視される．1987年3月，五島灘の2地点において口径45cm，網目幅100，200，335μmの3連型プランクトンネットの鉛直曳を繰り返し，採集物を等分割した標本それぞれについて実体顕微鏡下で動物プランクトンを選り分けて動物と動物以外の乾燥重量を計り，分光法によるクロロフィルa量から植物プランクトン乾燥重量を得，また一方，そのままの乾燥重量を測定して全採集量に占める動物，植物，死骸の量を調べた．

動物プランクトンの比率は網目幅の小さいほど小さく，1地点では335μm網によると78%，100μm網57%であるのに対し，他の1地点においては335μmにてさえ60%に留まり，100μmでは35%と低かった．プランクトンの死骸は全体で12〜37%を占めた。植物は外囲の濃度が低い地点では網目幅が100μmでも10%に満たないが，高い地点では多量に採集されたときに全体の半量を超し，動物の比率を圧迫した．

非　売　品

平成２年３月25日　印刷
平成２年３月30日　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松　尾　隆一郎
印刷所　株式会社　隆　文　社
佐世保市瀬戸越3―4―7
電話（0956）㊾ 3306

CONTENTS

(In Japanese with English abstract except * in English)

Takahiko IRIE

Ecological Studies on the Migration of Juvenile Chum Salmon, *Oncorhynchus keta*, during Early Ocean Life 1

*Yasuhiro MORIOKA, Junko NAKASHIMA and Katsunori KIMOTO

Zooplankton Biomass Share of the Collection with Plankton Net in the Waters to the West of Kyushu, March 1987 143

SEIKAI NATIONAL FISHERIES RESEARCH INSTITUTE

49 KOKUBU-MACHI, NAGASAKI 850

JAPAN